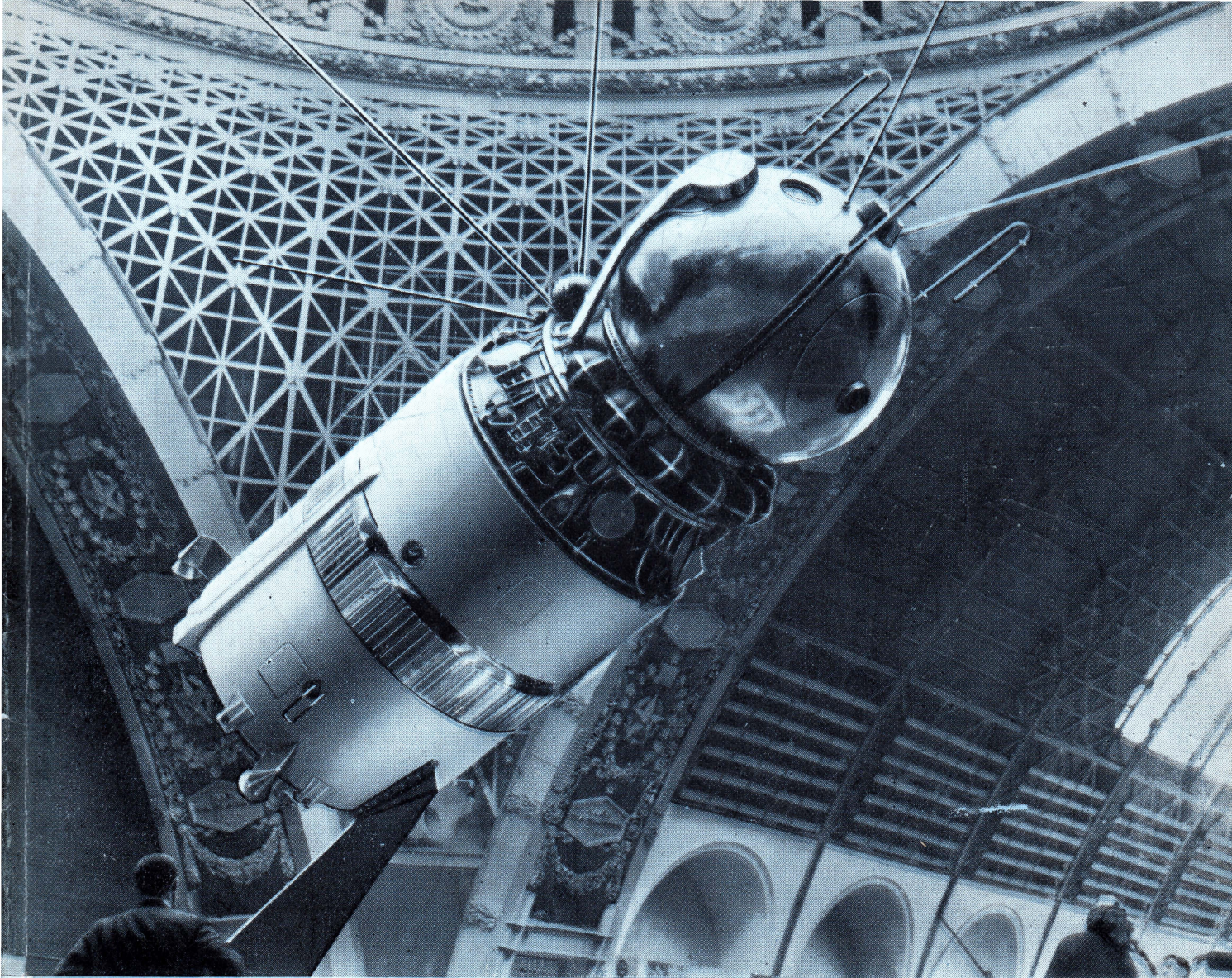




ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

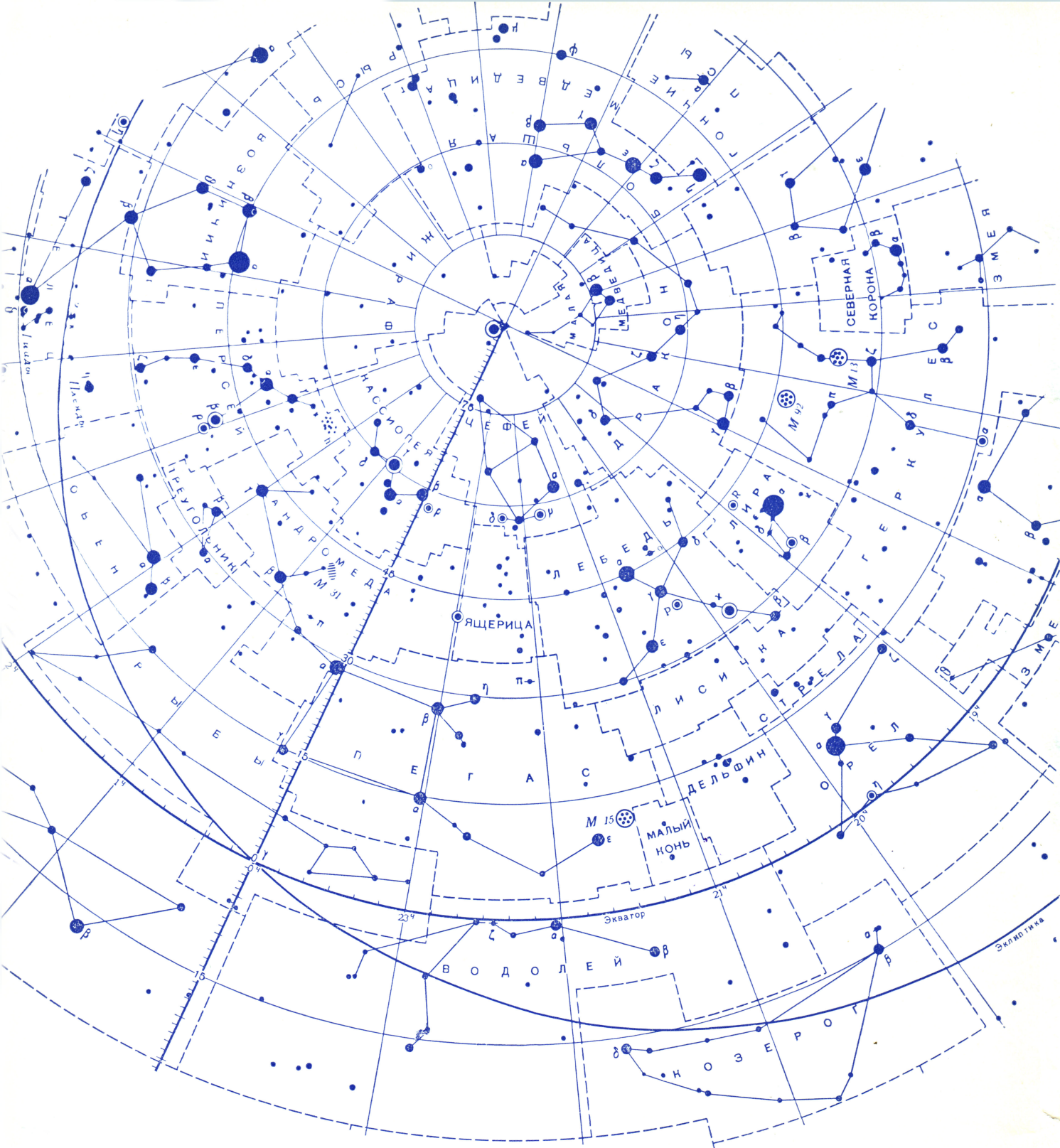
5

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

1965



Октябрь 1965 г.

Видимость планет

Венера видна по вечерам [созвездие Скорпиона, а затем Змееносца]
 Юпитер хорошо виден всю ночь [созвездие Близнецов]
 Сатурн виден с вечера до его захода после полуночи [созвездие Водолея; 15 октября координаты планеты; прямое восхождение $22^{\text{h}} 54^{\text{m}}$, склонение $-9^{\circ} 30'$]

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный журнал
Академии наук СССР



СЕНТЯБРЬ—ОКТЯБРЬ

5 1965

ГОД ИЗДАНИЯ ПЕРВЫЙ

В НОМЕРЕ

Е. Л. Рускол—История системы Земля—Луна	2
Б. И. Силкин—Международный год спокойного Солнца	11
К. А. Штейнс—В путешествие с кометой	17
В. Б. Брагинский—Гравитационные волны и попытки их обнаружения	23
Д. ж. Стронг—Инфракрасная астрономия с помощью аэростатов	27
Н. С. Благоволит—Ученые следят за пульсом Земли	36
А. В. Ильин—Рифтовая система Земли	46
А. Д. Ямпольский—Что такое Гольфстрим?	53
Л. В. Фесенкова—Может ли быть Марс обитаем?	57
Г. И. Салова—О чем говорят «полосы Синтона»	60

ЛЮДИ НАУКИ

В. Л. Ченакал—Астрономия в поэзии М. В. Ломоносова	62
--	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

В. В. Казютинский—Проблема бесконечности Вселенной в современной космологии	67
Г. С. Бисноватый-Коган—Гравитационная конференция в Тбилиси	71
Самые высокие облака	73
Изучение Черноморской впадины	76

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

М. М. Шемякин—В помощь любителям, строящим самодельные телескопы. Беседа 2.	79
---	----

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

В. В. Базыкин—Мы в «Космосе»	82
--	----

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

Е. П. Сашенков—Марки стран западного полушария	86
--	----

ПОГОДА НАШЕЙ СТРАНЫ

Л. Н. Стрижевский—Осень	88
-----------------------------------	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

И. Ф. Болгов, Н. И. Иванов—Библиографические указатели по геодезии	90
В. А. Шишаков—Вопросы астрономии в журнале «Физика в школе»	92
В. В. Радзиевский, Д. А. Балика—И. Н. Ульянов—астроном и метеоролог	94
Книги 1965 года	94

На обложке: 1-я стр.—Космический корабль «Восток» в павильоне «Машиностроение» ВДНХ. Фото О. В. Чиркина.
2-я и 3-я стр.—Карты вечернего звездного неба на 15 октября и 15 ноября (составлены на основе подвижной карты звездного неба А. Д. Марленского).
4-я стр.—Фотография Луны в последней четверти. Стрелкой показано место падения «Рейнджера-9» (см. стр. 65)

ИСТОРИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЯ — ЛУНА

Е. Л. РУСКОЛ,
кандидат физико-математических наук

В скором времени на Луну будут доставлены первые измерительные приборы, а затем и люди. Начнется изучение Луны непосредственно с ее поверхности. Оно должно помочь в разрешении проблемы происхождения Земли и других планет.

Конечно, неверно было бы думать, что первые химические анализы лунных пород и первые записи лунных сейсмографов сразу же раскроют перед нами все тайны планетной космогонии.

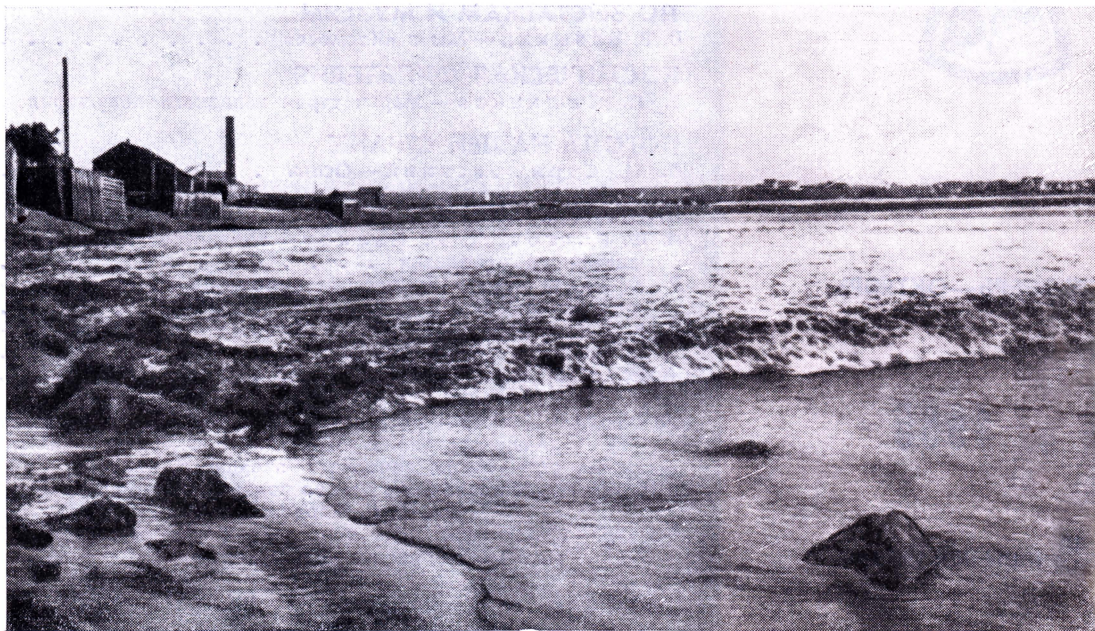
Но можно ли истолковать все лунные данные однозначно?

Одной из многих загадок пока остается происхождение системы Земля — Луна. Обсуждаются два основных варианта. Первый — Земля и Луна сформировались вбли-

зи друг от друга в едином процессе. (Имеется в виду «близость» космическая. Напомним, что современная Луна находится в сотни раз ближе к Земле, чем Венера или Марс.) Второй — формирование Земли и Луны происходило в существенно разных местах солнечной системы, затем Земля каким-то образом «захватила» Луну в готовом виде, что и привело к образованию системы двух тел.

Если принять первую гипотезу, то истолкование информации с Луны будет более простым. Действительно, в случае совместного образования первичный химический состав Земли и Луны должен быть одинаковым, и все различия в строении недр и поверхности обоих тел должны вытекать из различия их масс почти в 100 раз. Так, замечательная сохранность лунного рельефа в течение миллиардов лет обязана отсутствию на Луне воды и атмосферы,

Морская приливная волна входит в устье одной из рек Канады



что объясняется малостью лунной массы. Отсутствие на Луне магнитного поля, подобного земному, можно связать с такими отличиями внутреннего строения Луны и Земли, которые получились в ходе эволюции планет разных масс при одинаковом химическом составе. Различие средних плотностей Земли и Луны можно объяснить отличием давлений в их недрах, т. е. опять-таки различием их масс, если принять, что земное ядро состоит из металлизированных силикатов.

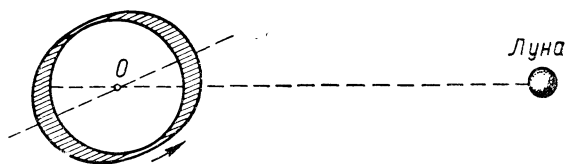
Вторая гипотеза тесно связана с представлениями о железном составе земного ядра, т. е. значительном содержании железа в Земле. Луна не может содержать такую же большую долю железа. В этом случае состав обоих тел должен быть различным, и, следовательно, Луна образовалась где-то вдалеке от Земли. Здесь задача ученых, которые будут осмысливать лунные данные, становится намного труднее. В самом деле, если Луна пришла, скажем, из зоны Марса или астероидов, то большая неопределенность возникает из-за отличия ее состава от земного, в частности, в отношении радиоактивных элементов, от которых зависит термическая история планет. Тогда любой факт, добытый на Луне, может быть истолкован неоднозначно. И только непосредственные исследования Марса, астероидов и, возможно, спутников Юпитера помогут уменьшить эту неоднозначность и установить правильную картину происхождения и развития Земли и соседних с ней планет.

Вполне понятно, что все данные, которые могут пролить свет на историю системы Земля—Луна, представляют большой интерес. Ранние этапы этой истории можно восстановить, если проследить эволюцию орбиты Луны под действием приливного трения.

Давно известны приливы и отливы на берегах океанов и морей, смыкающихся с океанами. Три столетия назад установлено, что они вызываются притяжением Луны и, в меньшей степени, притяжением Солнца. В прибрежных районах прилив всегда наступает заметно позднее кульминации Луны (иногда на несколько часов). В открытом

океане запаздывание прилива чрезвычайно мало. Это происходит потому, что приливно-волна не может беспрепятственно следовать по мировому океану: движение воды тормозится трением о дно мелководных морей и проливов. Возникают приливные течения, скорости которых различны в зависимости от рельефа дна и узости проливов. Поэтому и различны высоты приливов и сроки их запаздывания в различных пунктах.

Теория приливов создавалась многими классиками физики, начиная с Ньютона. Но наибольший вклад в нее принадлежит Дж. Дарвину.



Схема, показывающая отклонение (запаздывание) приливных выступов по отношению к линии центров Земля — Луна

Поверхность мирового океана, деформированная приливами, имеет очень сложный вид. Но поскольку прилив всегда **запаздывает** по отношению к кульминации Луны, качественная картина может быть изображена простой схемой: Земля имеет два симметричных приливных вздутия, слегка отклоненных от направления на возмущающее тело. Это создает дополнительную силу, которая «подталкивает» Луну в ее движении по орбите. Воздействие Луны на приливные горбы тормозит суточное вращение Земли. Из-за этого Луна постепенно удаляется от Земли по очень медленно раскручивающейся спирали, а продолжительность земных суток возрастает. При этом часть кинетической энергии вращения Земли переходит в энергию орбитального движения Луны, а другая часть — в тепло в результате приливного трения. Процесс перехода кинетической энергии в тепло обычно называют диссипацией энергии.

Теория приливов дает простые формулы, связывающие тепловые потери энергии с замедлением вращения Земли. В 20-х годах известный английский геофизик

Г. Джеффрис показал, что прямые оценки диссипации энергии в различных морях земного шара близко соответствуют той величине, которая получается из замедления вращения Земли (по астрономическим наблюдениям). Тем самым теория приливов получила хорошее подтверждение. Но при этом выяснилось, что диссипация энергии в океанах происходит крайне неравномерно. По Джеффрису, около 70% всей энергии приливов должно диссипировать в водах Берингова моря! Надо сказать, что точное определение диссипации энергии в морях весьма трудно, и существующие оценки могут отличаться от истины в несколько раз. Данные Джеффриса впоследствии пересматривались. Пересмотрены (в сторону увеличения) и астрономические оценки замедления вращения Земли. По недавним оценкам, сделанным Г. Миллером в Калифорнийском университете (США), относительная роль морей в диссипации энергии приливов несколько иная (см. таблицу).

Мелководные моря	Диссипация приливной энергии, 10^{19} эрг/сек по данным:	
	Джеффриса (1920)	Миллера (1964)
Берингово море	0,75	0,24
Охотское море	0,04	0,21
Побережье северной Австралии	...	0,15
Побережье Юго-Востока Южной Америки	...	0,13
Прочие моря	0,31	1,0
Сумма	1,1	1,73
Астрономические данные	1,3	2,76

Если бы приливная энергия тратилась только в океанах, то, очевидно, скорость диссипации была бы непостоянной во времени из-за изменений рельефа дна, контуров береговой линии и общего объема воды в океанах, о которых мы знаем слишком мало. В этом случае трудно было бы оценить, насколько изменилась лунная орбита за последний миллиард лет и тем

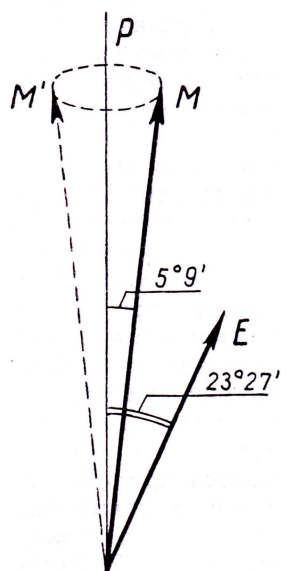
более за всю историю Земли, насчитывающую 4,5 млрд. — 5 млрд. лет.

Между тем, запаздывание приливов происходит не только в океанах. Вся «твердь» земного шара тоже деформируется притяжением Луны и Солнца. И при этом проявляются столь интересные геофизические свойства земного шара, как неидеальная упругость вещества и неоднородности строения глубинных слоев под различными частями поверхности. Но насколько легко заметить с берега запаздывание океанического прилива, настолько трудно обнаружить запаздывание «твердого» прилива. Только чувствительные приборы — гравиметры и наклонометры могут отметить, что огромные территории два раза в сутки поднимаются и опускаются примерно на полметра, т. е. на величину 10^{-7} радиуса Земли. При этом неизмеримо труднее обнаружить, что максимум поднятия приходится не точно на момент кульминации Луны, а на несколько минут позднее, когда Луна на $1-2^\circ$ отошла от меридиана.

Наибольший вклад в сложное и трудоемкое дело изучения твердых приливов Земли внесли московские геофизики под руководством Н. Н. Парийского и М. С. Молоденского. Им впервые удалось с помощью данных наблюдений поколебать вывод Джеффриса о незначительности роли твердых приливов. Наблюдения в различных частях евразийского континента показали, что запаздывание твердых приливов составляет не менее $1-2^\circ$. Если такое же запаздывание характерно для всего земного шара, то эффект твердых приливов должен составлять не менее половины суммарного эффекта. В скором времени будут обработаны данные, полученные экспедицией Н. Н. Парийского на африканском континенте в 1965 г. Это позволит увереннее судить о запаздывании приливов на всем земном шаре. Но уже и на основании имеющихся данных можно заключить, как это делает американский геофизик Г. Макдональд, что запаздывание твердых приливов дает сейчас от одной трети до половины диссипации всей приливной энергии. Поэтому можно обобщить понятие «приливное трение» также и на твердые приливы и ввести для Земли некоторый эффективный угол запаздывания, учитывающий эффект как твердых, так и океанических приливов. Вероятно, тепло твердых приливов выде-

ляется в сравнительно узком слое мантии Земли, где вязкость вещества минимальна. В этом слое «приливный» разогрев может быть сравнимым по величине с тем разогревом, который дают радиоактивные элементы. Но для всей Земли в целом современный вклад приливного тепла не превышает десятой доли вклада радиоактивных веществ.

Все, что мы знаем сейчас о тепловой истории Земли и о неупругости ее веще-



Угол наклона оси лунной орбиты к земной оси в настоящее время периодически меняется в пределах $23^{\circ}27' \pm 5^{\circ}9'$

ства, позволяет считать, что запаздывание твердых приливов имеет место уже очень давно, по меньшей мере в течение 2 млрд. или 3 млрд. лет. Столь большая длительность действия приливного трения неминуемо должна была повлечь значительные изменения лунной орбиты.

ИЗМЕНЕНИЯ ЛУННОЙ ОРБИТЫ

Современное движение Луны по ее орбите вокруг Земли описывается очень сложными формулами, в которых учтены возмущения от Солнца, планет и сплюснутости Земли. Из-за возмущений с периодом 8,85 года изменяются большая полуось лунной орбиты (от 356 000 до 407 000 км) и ее эксцентриситет (от 0,044 до 0,072). С другим периодом меняется угол наклона ор-

биты к земному экватору. Ось вращения Земли (E), как изображено на рисунке, наклонена к оси эклиптики (P) на $23^{\circ}27'$. Наклон лунной орбиты к плоскости эклиптики составляет $5^{\circ}9'$. Под влиянием Солнца ось орбиты Луны (M) прецессирует с периодом 18,6 года вокруг оси эклиптики. В результате угол между M и E или, что то же, угол между плоскостями лунной орбиты и земного экватора периодически изменяется в пределах $23^{\circ}27' \pm 5^{\circ}9'$. На это основное движение оси лунной орбиты накладываются более мелкие периодические эффекты нутации. Даже за наиболее долгий из периодов изменения параметров лунной орбиты — 26 000 лет — период, за который прецессирует земная ось, изменения, вносимые приливным трением, ничтожно малы. Поэтому обычно в теориях движения Луны члены уравнений, учитывающие приливные изменения, не принимаются во внимание. С другой стороны, если мы хотим исследовать только влияние приливного трения на лунную орбиту, которое заметно проявляется за время 10^8 — 10^9 лет, то можем пренебречь всеми периодическими изменениями и рассматривать для каждой геологической эпохи некоторую среднюю орбиту Луны.

Сейчас **средняя** орбита имеет большую полуось $Q = 384\,000$ км, или 60,3 радиуса Земли, эксцентриситет $e = 0,055$ и угол наклона к плоскости земного экватора $\varepsilon = 23^{\circ}27'$. Приливное трение приводит к увеличению всех трех параметров: большой полуоси на 3 см в год, эксцентриситета — на 10^{-12} и угла ε — на 10^{-8} — 10^{-9} градуса в год. Это означает, что в далеком прошлом орбита Луны была менее эксцентричной, менее наклоненной и более близкой к Земле. Чем ближе была Луна к Земле, тем сильнее проявлялось их приливное взаимодействие, тем быстрее (при том же угле запаздывания) должна была изменяться орбита. Зависимость эффекта от расстояния очень сильна: для Луны, находившейся в 2 раза ближе к Земле, чем сейчас, скорость изменения орбитальных параметров в 50 раз больше, если же Луна была когда-то в 10 раз ближе, то скорость изменения превышала современную в 300 000 раз. Продолжительность приливной эволюции пропорциональна величине угла запаздывания. Взаимосвязь же между a , e и ε не зависит от продолжительности процесса.

Расчеты изменений всех параметров впервые выполнены Дж. Дарвином в конце 70-х годов прошлого столетия. Они доведены им до некоторого момента в прошлом, когда система Земля—Луна была в 15 раз более тесной, чем сейчас, т. е. Луна находилась на расстоянии четырех радиусов Земли. Земные сутки составляли всего около 6 часов, а Луна обегала Землю за 12 часов. Наклон лунной орбиты к земному экватору был около 14° . Вычисления Дарвина построены на весьма сложной системе учета океанических приливов и из-за накапливавшихся погрешностей не были продолжены в еще более далекое прошлое. Тем не менее Дарвин выдвинул гипотезу о том, что вначале Луна находилась еще ближе к Земле и что она возникла путем отделения от быстро вращавшейся жидкой Земли. Он ссылаясь при этом на теоретические представления об эволюции вращающихся жидких тел и на возможность сильных колебаний формы Земли, вызванных приливным воздействием Солнца. Однако впоследствии выяснилось, что выводы Дарвина о возможности разделения вращающихся жидких масс ошибочны и что колебания формы Земли под действием солнечных приливов были бы явно недостаточны для отрыва Луны от Земли. Позднее установлено, что Земля никогда не была полностью расплавленной, т. е. не проходила через жидкую стадию. Поэтому сейчас гипотеза Дарвина не разделяется ни астрономами, ни геофизиками.

Следует отметить, что современные свойства системы Земля—Луна таковы, что, идя в прошлое, невозможно получить такое состояние системы Земля—Луна, когда Луна подходит непосредственно к поверхности Земли. В силу сохранения общего момента количества движения системы Земля—Луна, при уменьшении расстояния между этими телами, лунный месяц должен был укорачиваться гораздо быстрее, чем земные сутки. В некоторый момент времени приливное взаимодействие перестало бы отодвигать Луну от Земли. Соответствующее расстояние является минимальным. Его называют расстоянием «теснейшего сближения». Если бы орбита Луны находилась точно в плоскости земного экватора, это произошло бы тогда, когда сутки стали бы равны месяцу, т. е. Луна была бы синхронным спутником. В реаль-

ном случае, когда орбита Луны наклонена к экватору, на минимальном расстоянии, сутки несколько короче месяца. Если бы Луна оказалась внутри минимального расстояния, то приливное трение стало бы приближать ее к Земле, как оно приближает сейчас Фобос к Марсу. Таким образом, расстояние «теснейшего сближения» — своего рода рубеж приливной эволюции, отделяющий тип эволюции системы Земля—Луна от типа Марс — Фобос.

Задача о приливных изменениях лунной орбиты была вновь рассмотрена в 1955 г. немецким астрономом Х. Герстенкорном. Он использовал те же физические упрощения, что и Дарвин, но принял более правильное численное значение момента инерции Земли. Он применил свой собственный метод расчета изменений орбиты Луны. У Герстенкорна, по мере сокращения орбиты Луны в прошлом, ее наклон к земному экватору, после уменьшения до 18° , когда Луна находится на расстоянии $25R$ (R — радиус Земли), начинает расти и доходит до $45,7^\circ$ на расстоянии «теснейшего сближения». Расстояние «теснейшего сближения» получилось у Герстенкорна равным $2,89R$, что совпало с известным пределом Роша — критическим расстоянием, ближе которого спутник разрывается приливными силами планеты. Учет влияния солнечных приливов лишь слегка изменил значение минимального расстояния, до $2,86R$. Задавая еще более ранние значения времени, Герстенкорн получил из своих уравнений снова рост большой полуоси. При этом эксцентриситет возрастает до значений, близких к единице, а наклонность растет до 90° и затем до 120° . Получилось, что когда-то, на самой ранней стадии, Луна была обратным спутником и двигалась по очень вытянутой, почти параболической орбите, затем подошла близко к Земле (до предела Роша), и уже только после этого ее орбита стала постепенно раскручиваться и за миллиарды лет превратилась в современную. Понимая формальный характер своих расчетов, Герстенкорн указал, что из них вовсе не следует реальность стадии обратного спутника. Луна вполне могла образоваться поблизости от Земли и «стартовать» с близкой орбиты в сторону современной.

Однако результат Герстенкорна о возможности в прошлом эксцентричной, сильно наклоненной орбиты Луны показался

очень значительным известному шведскому физику Х. Альвену. В 1963 г. он опубликовал свою шумевшую гипотезу о происхождении Луны путем ее захвата на вытянутую орбиту с попятным движением, которая в дальнейшем трансформировалась в современную.

Альвен не рассматривал какой-либо конкретный способ захвата Луны, он просто использовал распространенный довод о том, что очень вытянутые и наклоненные орбиты спутников не могут возникать при их совместном образовании с планетами.

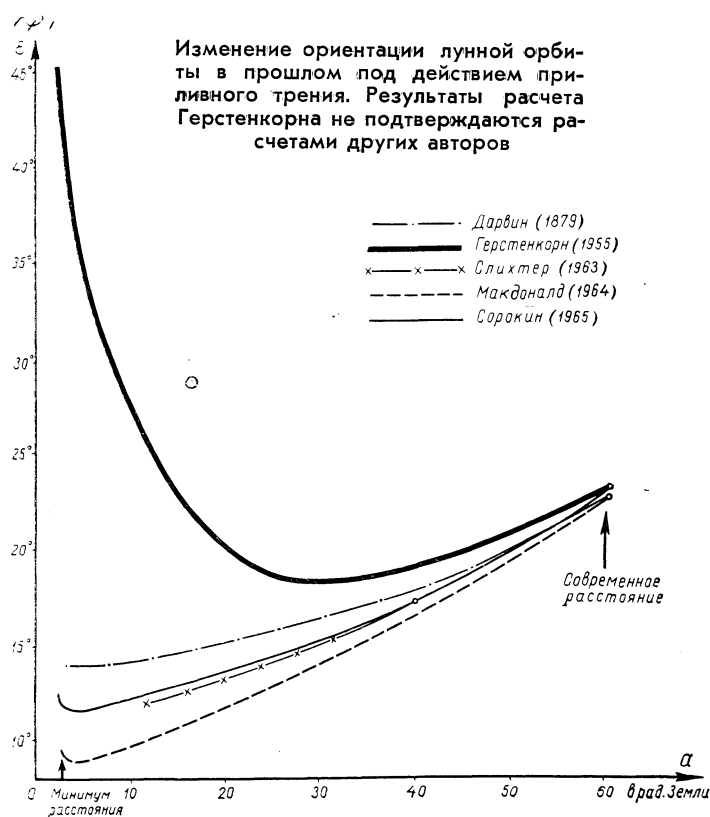
Альвен предположил, что в момент «теснейшего сближения» целостность Луны была нарушена приливными силами Земли, и значительная доля ее вещества была оторвана. Часть обломков якобы выпала на Землю, послужив материалом для образования земной коры, а часть упала обратно на Луну, образовав при этом кратеры и моря. Это удивительное предположение не только выходит за рамки герстенкорновского расчета, но даже противоречит ему, так как расчет был сделан с постоянным значением массы Луны, которая к тому же принималась за материальную точку.

Гипотеза о том, что земная кора «свалилась с Луны», противоречит данным геофизики и геохимии. Поэтому гипотезу Альвена нельзя принять всерьез. Но как быть с результатом Герстенкорна? Может быть, и в самом деле приливное трение обеспечило орбите Луны столь сложную эволюцию, как это получилось во всем расчете Герстенкорна, включая этап до «теснейшего сближения», и тогда «старт» Луны должен походить на старт случайно захваченного тела?

В последнее время у многих ученых возродился интерес к приливной эволюции системы Земля—Луна. Известные зарубежные геофизики Г. Джеффрис, Л. Сликтер, В. Каула, Г. Макдоналд посвятили этому вопросу свои работы. Подобные расчеты производились и в Институте физики Земли Академии наук СССР.

Весьма подробно эволюция орбиты в прошлом и будущем рассмотрена Г. Макдоналдом. В отличие от Герстенкорна, он нашел, что раньше лунная орбита была менее наклоненной к экватору Земли, чем сейчас. Угол ε тогда убывал до значения около 9° на расстоянии около $4R$, затем

следовал его рост примерно до $10\text{--}11^\circ$ на расстоянии «теснейшего сближения». Расчеты, проведенные в Институте физики Земли, дали весьма сходную картину изменения угла ε . Таким образом, результат Герстенкорна в отношении ориентации лунной орбиты в прошлом не подтвердился. Новые результаты оказались в согласии с классическими результатами Дарвина. Эти расчеты не подтвердили также вывода Герстенкорна о совпадении расстояния «теснейшего сближения» с пределом Роша. У Макдоналда минимум расстояния получился равным $2,5R$. В наших расчетах эта величина получилась еще меньше — $2,4R$. Если бы Луна могла откуда-то издалека подойти столь близко к Земле, разрывающие ее силы были бы по крайней мере на порядок выше прочности наиболее прочных земных пород, и Луна должна была бы неминуемо разорваться на куски. Внутри предела Роша Луна не смогла бы снова собраться в единое тело. Поэтому можно утверждать, что Луна никогда не подходила к Земле на расстояние «теснейшего сбли-



жения», формально определяемое из уравнений для изменения параметров орбиты. Следовательно, никогда не существовало и предшествующей «теснейшему сближению» стадии.

Есть и другие причины, заставляющие считать такую стадию нереальной. По расчетам Макдоналда на этой стадии вращение Земли было бы столь быстрым, с периодом около 1 часа, что наша планета была бы ротационно неустойчивой; потери энергии вращения Земли вследствие приливного трения были бы тогда неприемлемо велики. Если бы выделявшееся тепло распределялось равномерно по Земле, то все ее вещество нагрелось бы на 4000° , что никак не согласуется с тепловой историей Земли. Макдоналд отмечает также, что слишком быстрое вращение Земли в прошлом выделило бы ее из общего ряда планет Солнечной системы, для которых имеется эмпирическая закономерность нарастания удельного момента количества движения с массой. Согласно этой закономерности, первичная Земля, не заторможенная приливным трением, должна была вращаться с периодом около 10 часов, что соответствует начальному расстоянию Луны от Земли в $30R$, т. е. половине современного расстояния. К последнему выводу, правда, следует отнести с осторожностью. Приблизительная эмпирическая закономерность, к тому же еще не получившая настоящего физического обоснования, не позволяет настаивать на точном значении начального периода вращения — 10 часов. Если бы начальный период был равен, скажем, 5 часам, то и это не противоречило бы тепловой истории Земли, так как в этом случае вклад приливной энергии в тепловой баланс Земли был бы все равно в несколько раз меньше вклада радиоактивных веществ. Пятичасовому периоду вращения Земли соответствовало бы начальное расстояние Луны от Земли около $5R$, т. е. значительно ближе, чем предполагает Макдоналд, и в то же время существенно за пределом Роша.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЯ — ЛУНА

Итак, рассмотрение приливной эволюции лунной орбиты показывает, что в прошлом она располагалась ближе к Земле, ближе

к плоскости земного экватора, и была ближе к круговой, чем сейчас. Спутники, обращающиеся по круговым орбитам, плоскости которых близки к плоскости экватора планеты, обычно называют регулярными, и их происхождение связывают с происхождением самой планеты. Луна была раньше более **регулярным** спутником Земли, что свидетельствует в пользу ее образования в окрестности Земли. Предположение, что когда-то, еще раньше, ее орбита была нерегулярной, оказалось необоснованным.

Если рассмотреть различные мыслимые способы происхождения Луны, то окажется, что гораздо естественнее предположить ее образование вблизи Земли, чем ее захват в готовом виде. По современным представлениям, Земля сформировалась из твердых тел различных размеров — от небольших частиц до тел астероидных размеров. В процессе роста Земли должны были происходить не только прямые попадания тел в Землю, но и их взаимные столкновения в окрестностях Земли. Поскольку эти столкновения были не упругими, часть из них приводила к потере скоростей частиц и их захвату на околоземные орбиты. Во время наиболее активной стадии роста Земли, так же как и другие планеты, должен был окружать рой небольших тел и частиц, из которого образовалась Луна. Активная стадия роста Земли длилась всего около 100 млн. лет, поэтому возраст Луны должен быть близок к возрасту Земли, т. е. около 4,5 млрд. — 5 млрд. лет.

Идея об образовании спутников из околопланетных роев была высказана О. Ю. Шмидтом. Последующие расчеты подтвердили ее. Масса околоземного роя зависела в основном от преобладающего размера тел. Ее должно было хватить для образования Луны, если значительная часть вещества околоземного роя была собрана в тела с поперечником 10—100 км. (Если бы вещество было сконцентрировано в более мелких телах, то рой получился бы излишне массивным.) Рост Луны в рое должен был идти на близком расстоянии от Земли, в зоне $5R$ — $10R$, так как плотность вещества в рое сильно убывала по мере удаления от Земли. В области от $30R$ до $60R$ едва ли мог сформироваться столь массивный спутник, как Луна. Можно полагать, что там могли образоваться только

спутники типа небольших астероидов. При отодвигании Луны от Земли вследствие приливного взаимодействия эти небольшие спутники должны были выпасть на Луну. Такая гипотеза предложена еще в 50-х годах Дж. Койпером для объяснения того, почему лунные моря возникли значительно позднее древнейших кольцевых структур. По мнению Койпера, впадины морей образованы ударами тел со сравнительно небольшими скоростями (до 3 км/сек), что могло бы произойти, если бы эти тела были спутниками Земли, а не приходили с около-солнечных орбит. Таким образом, схема образования Луны в околоземном рое, приливная эволюция ее орбиты, образование лунных морей, а также тот факт, что Луна единственный спутник Земли, взаимно согласуются между собой и со схемой аккумуляции Земли.

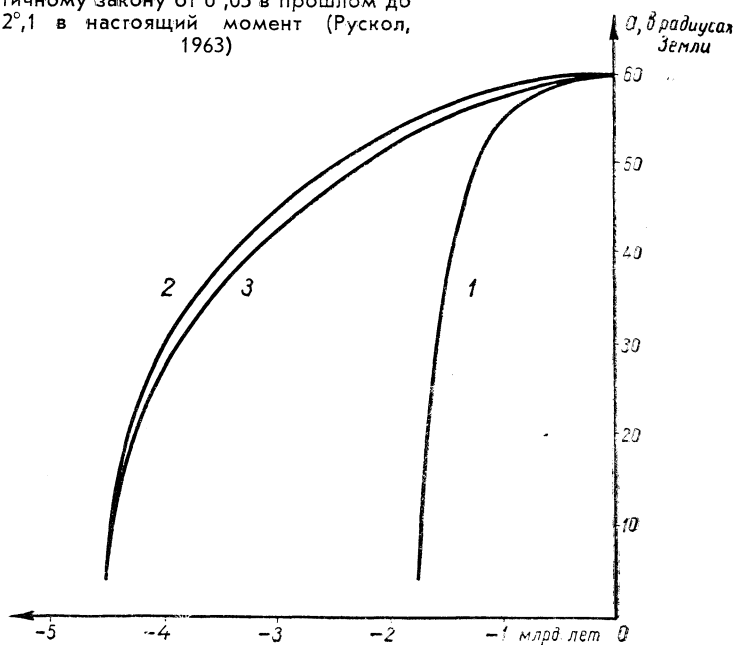
Что касается гипотезы захвата «готовой» Луны, то никем еще не предложено механизма, который мог бы естественно объяснить захват Луны Землей. Приливное трение для этого слишком слабо. Гравитационный захват, так же как и захват вследствие столкновения, потребовал бы участия третьего тела с массой порядка массы Луны. Подсчет показывает, что за время всей истории Земли вероятность «тройного сближения» ничтожно мала, даже если предположить, что все допланетное вещество в Солнечной системе состояло из луноподобных тел. Вероятность захвата одного из тел при тройном сближении еще во много раз меньше.

Итак, все мыслимые механизмы захвата Луны оказываются неэффективными. Однако существуют доводы **против** гипотезы совместного образования, которые считаются доводами в пользу захвата. С нашей точки зрения, они не являются решающими. Первый из них уже упоминался. Это различие в химическом составе Земли и Луны, которое получается, если исходить из гипотезы о железном составе земного ядра. Можно надеяться, что в ближайшие годы вопрос о составе земного ядра будет прояснен благодаря прогрессу физики высоких давлений и геофизики, а вопрос о составе Луны — благодаря непосредственным исследованиям на ее поверхности.

Второй довод выдвигается против одновременности образования Луны и Земли и таким образом является доводом против

совместного образования. Это краткость времени приливной эволюции по сравнению с возрастом Земли. Макдоналд, приняв, что эффективный угол запаздывания приливов был всегда такой же, как и теперь, т. е. немногим больше 2° , нашел, что время отодвигания Луны с близких расстояний до современного составляет менее 2 млрд. лет. Это время в основном определяется отодвиганием Луны уже на далеких расстояниях и практически не зависит от того, где был старт: на $5R$, $10R$ или $20R$. Макдоналд предлагает весьма оригинальный выход из этого затруднения: он допускает, что возраст Луны действительно не более 2 млрд. лет, причем она сформировалась в окрестности Земли из нескольких «протолун», каждая из которых обращалась по самостоятельной орбите и приливо взаимодействовала с Землей. Перекрестный приливный эффект нескольких спутни-

Продолжительность эволюции системы Земля — Луна при различных гипотезах о приливном трении в прошлом: 1 — постоянный угол запаздывания $2^\circ,16$ (Макдоналд, 1964); 2 — запаздывание, растущее по линейному закону от 0° в прошлом до $1^\circ,7$ в настоящий момент (Рускол, 1963); 3 — запаздывание, растущее по квадратичному закону от $0^\circ,05$ в прошлом до $2^\circ,1$ в настоящий момент (Рускол, 1963)

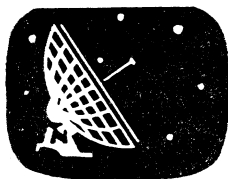


ков пренебрежимо мал, как это было установлено еще Дарвином. Время изменения орбитальных элементов спутника обратно пропорционально его массе, а время торможения вращения Земли — квадрату его массы. Поэтому время эволюции системы «протолун» должно было определяться наиболее массивной из «протолун», которая должна была иметь массу от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{4}$ массы современной Луны, т. е. радиус около 1000 км, и вначале находиться ближе к Земле, чем остальные «протолуны». Таким способом можно удлинить раза в три продолжительность всей приливной эволюции. С механической точки зрения такая гипотеза могла бы считаться правдоподобной. Ее можно было бы согласовать с гипотезой Койпера, если предположить, что поперечники всех «протолун», кроме главной, не превышали сотню километров, так как самое большое ударное образование на Луне — Море Дождей — можно рассматривать как след удара тела с поперечником не более 100 км. Но тогда «протолун» должно было быть несколько тысяч, и картина по существу не должна была ничем отличаться от описанного выше долунного роая.

На наш взгляд, чтобы избежать проти-

воречия с краткостью приливной эволюции, вовсе не обязательно надолго задерживать рост Луны в околоземном рою или даже предполагать ее захват менее 2 млрд. лет назад. Гипотеза о постоянстве угла запаздывания приливов во времени является наиболее простой, но не наиболее правдоподобной. С идеей о постепенном разогревании земных недр лучше согласуется гипотеза о постепенно возрастающем отклонении свойств вещества от идеальной упругости, т. е. о возрастающем угле запаздывания твердых приливов. Можно думать, что роль океанических приливов на ранней стадии существования Земли также была значительно меньше современной хотя бы из-за того, что сами океаны образовались на Земле не сразу, а постепенно выделились из недр. Весьма простые формулы для увеличения со временем эффективного угла запаздывания земных приливов позволяют получить время приливной эволюции около 5 млрд. лет, равное времени жизни Земли.

Таким образом, в настоящее время больше доводов в пользу образования Луны в окрестности Земли, чем в пользу ее образования в иных областях Солнечной системы.



ИССЛЕДОВАНИЯ КВАЗАРОВ

В мае 1965 г. профессор И. С. Шкловский на заседании комиссии по релятивистской астрофизике сообщил некоторые результаты исследования квазаров — очень далеких ярких объектов Вселенной, природа которых пока не ясна.

Американским астрономом Шмидтом получен оптический спектр радиоисточника СТА-102. Этот объект известен тем, что недавно советские астрономы обнаружили необычное изменение интенсивности его радиоизлучения. Из анализа спектра было установлено, что СТА-102 удаляется от нас с огромной ско-

ростью, составляющей около 60% скорости света. Такую скорость можно объяснить, если считать, что этот объект находится очень далеко за пределами Галактики и вместе с другими далекими галактиками удаляется от нас.

По скорости можно вычислить расстояние, а затем, зная видимую яркость и расстояние, определить истинную яркость. Яркость СТА-102 оказалась такой же, как у других квазаров. Этот факт вместе с характерными линиями в спектре позволяет заключить, что СТА-102 — квазар. Недавние исследования источника ЗС-273 американским астрономом Джонсоном показали наличие мощного инфракрасного излучения у квазаров.

Грубую модель квазара, как считает Шкловский, можно было бы представить следующим образом: центральное ядро размером примерно $4 \cdot 10^{16}$ см (около двух световых недель), излучающее непрерывный спектр, за-

тем окружающая ядро обширная оболочка радиусом около 10^{19} см, дающая яркие линии газа в спектре, и наконец, область в несколько сот парсек, излучающая радиоволны. И. С. Шкловский считает, что основная энергия излучения квазара сосредоточена в инфракрасных лучах и исходит из центральной части ядра, из области размером 10^{15} см.

Видимый свет квазара получается благодаря рассеянию инфракрасных лучей на быстрых электронах в области ядра. По мнению И. С. Шкловского, квазар — весьма активная стадия радиогалактики. Возможно, наиболее близки к квазарам галактики Сейферта, у которых 95% энергии излучается ядром, размером также в несколько сот парсек (примерно 500 пс). Спектры квазаров и галактик Сейферта идентичны и механизм свечения, по-видимому, один и тот же.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОД СПОКОЙНОГО СОЛНЦА



Б. И. СИЛКИН

В 1964 и 1965 гг. развернулось новое большое наступление ученых всего мира на тайны природы. Международный год спокойного Солнца — так названо это мероприятие, посвященное изучению многочисленных и тесных связей между поведением нашего светила и физическими процессами, охватывающими Землю.

Уже давно установлено, что с циклами солнечной активности связаны многие явления на Земле. От них зависит и распространение радиоволн, и магнитные бури, и полярные сияния, и некоторые особенности погоды и климата.

Итак, за Солнцем необходим тщательный надзор. И не только тот, какой издавна осуществляют астрономы, пользуясь уникальной возможностью непосредственно наблюдать ближайшую к нам звезду. Нет, человечеству совершенно необходимо лучше знать наше светило, чтобы уметь применяться ко всем тем явлениям, которые вызывают на Земле солнечные пятна, факелы, вспышки, протуберанцы.

По существу первым образцом длительного наблюдения за Солнцем был вошедший в историю Международный геофизический год (МГГ), назначенный на 1957—1958 гг. и затем продленный еще на двенадцать месяцев *). Он не случайно проходил в эти годы: как и предполагалось, солнечная активность тогда была высокой. В результате МГГ многое выяснилось в природе солнечно-земных связей, мы лучше стали понимать среду, в которой вращается земной шар.

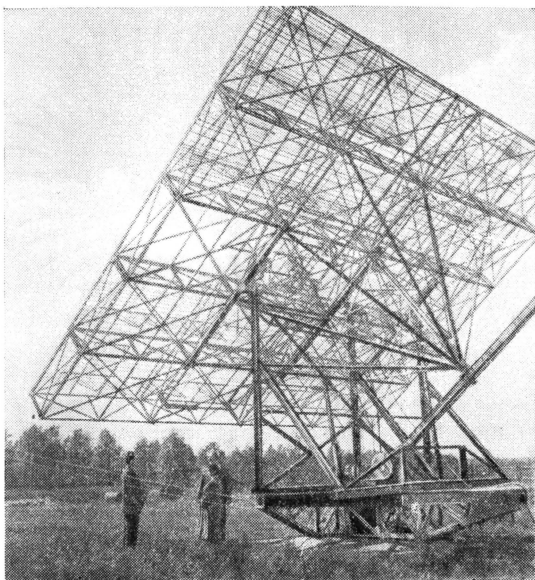
Известно, что истина познается путем сравнения. Международный геофизический год был периодом невиданно высокой солнечной активности. Чтобы делать более точные выводы о солнечно-земных связях, надо знать, что происходит на Солнце и на Земле, когда наше светило относительно спокойно. Такой период приходится на 1964—1965 гг.

*) Дополнительный период получил название «Международное геофизическое сотрудничество 1959 г.».

Еще в апреле 1960 г. доктор физико-математических наук Н. В. Пушков представил мировой научной общественности предложение об организации согласованных наблюдений в период минимума солнечной активности. Международный комитет по геофизике поручил ставшему затем во главе мероприятия профессору У. Дж. Бейнону (Великобритания) разработать проект общей программы исследований, охватывающих всю нашу планету. Призыв к участию в Международном годе спокойного Солнца нашел широкий отклик среди ученых всего мира. Научные учреждения более семидесяти стран заявили о своем намерении участвовать в этом мероприятии.

Одним из крупнейших участников МГСС стал Советский Союз. Государственная важность этого мероприятия в СССР была подчеркнута тем, что Правительство сделало специальное распоряжение о подготовке к нему и дало соответствующее поручение Межведомственному геофизическому комитету при Президиуме Академии наук СССР, за плечами которого опыт организации и проведения Международного геофизического года в СССР. На этот Комитет, возглавляемый членом-корреспондентом Академии наук СССР В. В. Белоусовым, Правительство возложило координацию всех усилий советских участников МГСС и представительство их интересов в соответствующих международных научных организациях. В составе Комитета была создана Рабочая комиссия по МГСС во главе с Н. В. Пушковым, вице-президентом Международного комитета МГСС.

В этом походе за научными фактами принимают участие многие тысячи специалистов-геофизиков всех отраслей знания, работающих в Академии наук СССР и в академиях многих советских республик. В числе участников МГСС и крупнейшие университеты страны с их опытными преподавателями и исследователями, с их тысячами энтузиастов студентов — будущих геофизиков. Значительный вклад в выполнение программы МГСС внесли и



Инструмент для изучения радиоизлучения Солнца. Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Академии наук СССР

научные учреждения Гидрометеорологической службы СССР.

Важным центром МГСС, выполняющим большую и разнообразную программу научных исследований, стал Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Академии наук СССР (ИЗМИРАН). Это естественно: само его название говорит о том, что многочисленный научный коллектив института состоит из тех, кто выбрал делом своей жизни раскрытие связей между Солнцем и Землей.

Один из «отделов» института — корабль «Заря». Служащая науке единственная в мире немагнитная парусная шхуна за свое первое в период МГСС плавание, продолжавшееся 4 месяца, прошла более 15 000 миль в Балтийском, Северном, Гренландском, Норвежском морях и в Атлантике вплоть до экваториальных вод, везде производя измерения, которые лягут в основу новых точных карт магнитного склонения на океанах.

При ИЗМИРАНе создана и организация с не совсем обычным названием: Евразийский центр службы оповещений. Что это такое?

Скажем, астроном в Японии, первым ежедневно встречающий светило, обнаружил, что на нем, кажется, начинается вспышка. Солнце шествует на запад над просторами Австралии, Дальнего Востока, Восточной Сибири, Монголии, Индии, и астро-

номы и астрофизики одной страны за другой приступают к наблюдениям. Телеграммы обо всем замеченном слетаются в региональные центры, объединяющие наблюдателей целых континентов, а от туда — в Мировой прогностический центр под Вашингтоном. Вспышка подтверждена!

«Алерт!» — Научная тревога! — проносится по телетайпной сети из Вашингтона. Первыми об алерте узнают региональные центры, и среди них Евразийский центр службы оповещений.

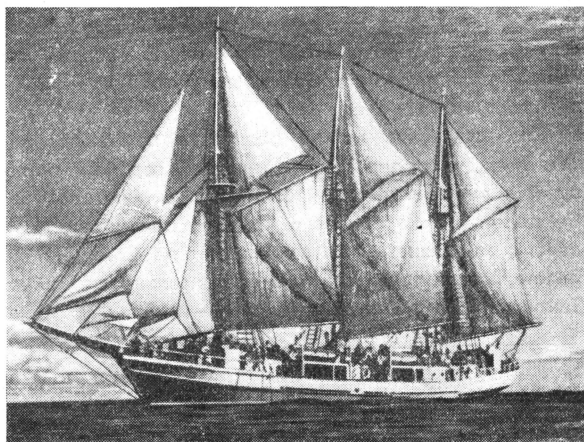
Наконец, сигнал доходит до всех станций и обсерваторий, рассыпанных по различным континентам Земли, и среди них до 240 станций, измеряющих магнитное поле планеты, 180 станций, наблюдающих полярные сияния, 270 станций, «прощупывающих» ионосферу, 110 обсерваторий, фиксирующих явления на Солнце, 105 станций, улавливающих космические лучи, примерно до тысячи метеорологических станций, изучающих атмосферу...

«Алерт!» — И, подчиняясь всемирному сигналу, геофизики в семи десятках стран приступают к учащенным наблюдениям, организуют специальные эксперименты, приуроченные к важным событиям на Солнце.

Очень интересны для геофизики полярные районы. Именно здесь находятся полюсы того огромного шарообразного магнита, которым является Земля. Здесь с особой силой разворачиваются магнитные бури и полярные сияния, вызываемые вторжениями корпускул из космоса. Здесь особенно своеобразно ведет себя верхний заряженный слой воздушной оболочки планеты — ионосфера, отражающая радиоволны.

Все это в той или иной степени связано с уровнем

Единственная в мире немагнитная шхуна «Заря» в плавании



нем солнечной активности, с идущей от Солнца электромагнитной и корпускулярной радиацией. И тот, кто хочет представить себе полную картину связи Земли с Солнцем, должен поставить во главу угла наблюдения в полярных районах.

Поэтому-то с особым вниманием следят ученые за работой участвующих в МГСС советских станций «Северный полюс». В пургу и долгую полярную ночь несут они свою трудную вахту, накапливая сведения о том, как в высоких широтах Арктики происходят полярные сияния и магнитные возмущения, как распространяются радиоволны и ведут себя космические лучи в год, когда Солнце спокойно.

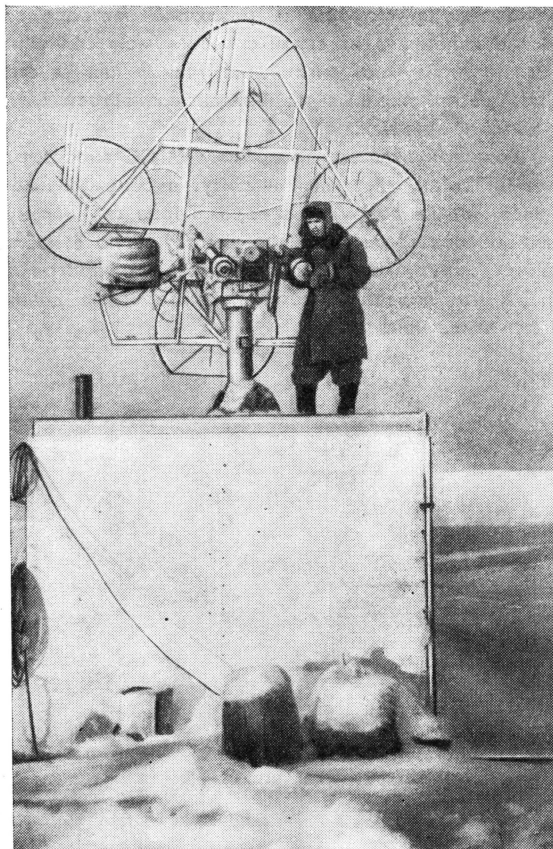
Другим важнейшим районом исследований стал ледяной континент Антарктиды. Несмотря на 80-градусные морозы, на станции Восток, вблизи южного геомагнитного полюса и полюса холода нашей планеты, оставались зимовать советские участники МГСС.

Самый холодный континент планеты стал континентом с самым высоким процентом ученых среди населения. Здесь наиболее активно осуществляется сотрудничество ученых всех стран. В период МГСС на станции Восток и в обсерватории Мирный вместе с учеными СССР трудятся их американские, немецкие (ГДР), французские, чехословацкие, венгерские коллеги. А на американской антарктической станции Мак-Мердо зимуют и работают советские геофизики. И это плодотворное сотрудничество приводит к совершенствованию различных научных школ, позволяет обогащать общую сокровищницу знаний.

Уже превысило восьмидесяти число советских спутников «Космос», выполняющих различные исследования околоземного пространства. Специально по программе МГСС запущены четыре спутника типа «Электрон», орбиты которых таковы, что, попеременно удаляясь от Земли и приближаясь к ней, эти спутники охватывают большую часть окрестностей планеты. Это помогает уточнить распределение ее магнитного поля, изучать потоки солнечных частиц, рентгеновское излучение Солнца, улавливать микрометеориты, исследовать энергетический спектр электронов в радиационном поясе Земли, анализировать химический состав космических лучей. Важнейшие исследования в космосе проводит советская станция «Протон-1».

Каждая страна — участница МГСС сама разработала свою национальную программу — часть общего большого плана.

Американские ученые, запустившие в период МГСС ряд спутников типа «Эксплорер», проводят с ними эксперименты по измерению магнитного поля энергетических частиц, распределению электронов по их направлениям и энергиям; изучают космиче-



Дрейфующая станция «Северный полюс». Радиотеодезитные метеорологические наблюдения

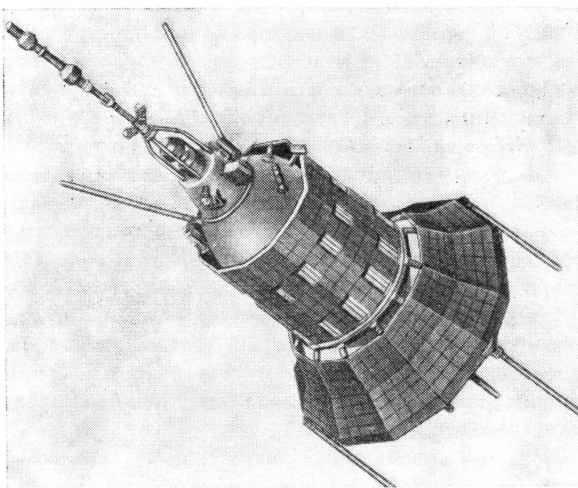
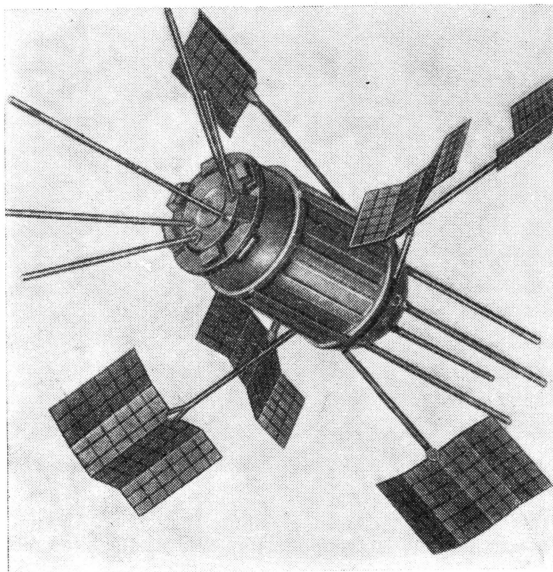
ские лучи и солнечный ветер; определяют плотность атмосферы в самых ее внешних слоях, где она уже переходит в межпланетное пространство. Их спутники «OSO» и «OGO» изучают условия возникновения солнечных вспышек, определяют, какие частицы при этом извергаются в космос.

На спутниках «Ариель», изготовленных английскими учеными, поставлены измерения микрометеоритов и эксперименты, позволяющие определять поведение озона, зависящего от потоков ультрафиолетовых лучей, посылаемых Солнцем. Канадский спутник «Алуэт» зондирует ионосферу, выясняет связь этого заряженного слоя атмосферы с возникновением полярных сияний. Ионосферные исследования и изучение плотности атмосферы проводят итальянские геофизики со своим спутником «Сан-Марко».

Кроме космических исследований геофизики США развернули большую сеть научных обсерваторий и станций, проводящих наблюдения по всем разделам программы МГСС.

Физику атмосферы и различные метеорологические явления в их связи с минимумом солнечной активности изучают английские ученые как на станциях, расположенных на Британских островах, так и за их пределами.

Большой вклад в программу МГСС вносят ученые ФРГ. Так, известный институт аэронауки имени Макса Планка соорудил в горах Гарца специальную радиообсерваторию, активно участвующую в наблюдениях спутников, запускаемых по программе МГСС, что позволяет собирать интересные данные о структуре ионосферы.



Космические станции «Электрон-1» (вверху) и «Электрон-2»

Интересную и важную программу выполняют ученые ГДР. Исследования озона и его связи с солнечной активностью широко поставлены в Главной обсерватории метеорологической и гидрологической службы в Потсдаме. На большие высоты поднимаются радиозонды, регулярно запускаемые в Линденберге с целью аэрологических исследований. Ученые ГДР сотрудничают в проведении магнитной съемки с геофизиками Чехословакии и Польши, проводят исследования, зимую на советских станциях в Антарктиде.

Большую долю программы МГСС приняли на себя геофизики Японии и Чехословакии, Франции и Индии, Канады и Польши, Италии и Австралии. Каждая страна — и та, где наука имеет вековые традиции, и та, которая только недавно вступила на путь самостоятельного развития, — ведет свою важную партию в той «симфонии познания», которой стал МГСС.

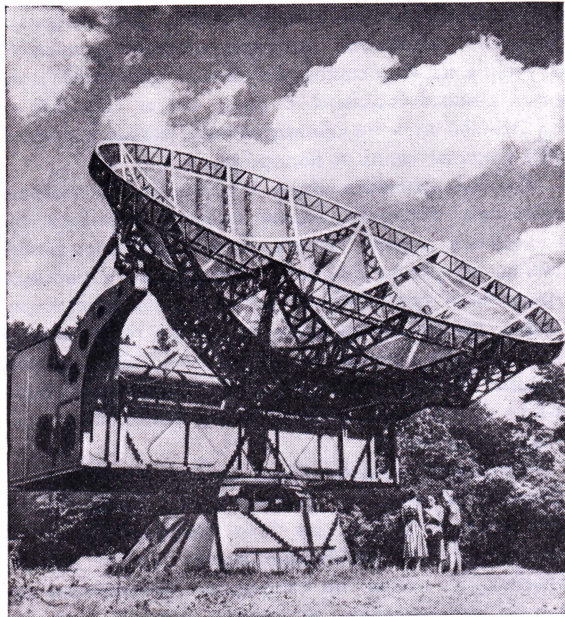
МГСС не закончен. Наблюдения по его программе идут полным ходом. Материалы, собранные во всех уголках Земли, еще только поступают в Мировые центры сбора данных. Основной период «добывания золота» из этой научной «руды» впереди, на это потребуется не один год. Однако некоторые выводы уже и теперь можно сделать.

Во-первых, нужно констатировать, что период минимума солнечной активности был предсказан верно и время для МГСС выбрано правильно. Если в январе — марте 1964 г. количество пятен на Солнце составляло от четырнадцати до шестнадцати в месяц, то с апреля оно пошло круто вниз, и в июле их было всего три. Совсем без пятен диск светила в январе 1964 г. был только один день, а в июле и сентябре — по девятнадцать дней. Вспышки происходили редко и имели очень слабую интенсивность.

Правда, нынешний минимум солнечной деятельности не такой глубокий, как в 1933 и в 1954 гг., когда было немало месяцев, в которых пятна не наблюдались в течение более 20 дней. Может быть, здесь сказывается, что от МГГ с его «максимумом» солнечной активности нас отделяет еще не так много времени и Солнце еще не успело как следует «успокоиться».

Во всяком случае, предсказание начала и конца 11-летних циклов солнечной активности несомненно уже стало достаточно точным. И сейчас ученые прилагают все возможные усилия, чтобы использовать оставшиеся месяцы относительно спокойного Солнца для экспериментов и наблюдений, требующих невозмущенного состояния светила и магнитного поля Земли.

Очень осложненная и опосредственная связь между явлениями на Солнце и метеорологическими



Радиотелескоп обсерватории Онджейов (Чехословакия)

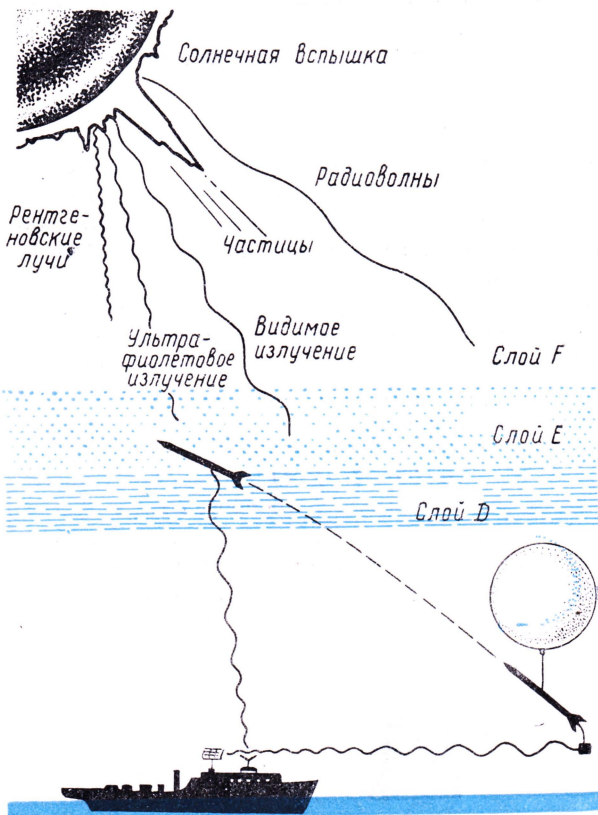
процессами теперь, благодаря МГСС, впервые начинает несколько уточняться. Хотя об этой связи делалось немало предположений и ранее, все гипотезы страдали от отсутствия фактических доказательств. Теперь же, когда ракетные методы зондирования начали приносить первые плоды, можно с большей уверенностью говорить, что представляют собой верхние слои земной атмосферы, т. е. именно та область, где происходит основное взаимодействие солнечной радиации с воздушной оболочкой планеты. Ученые теперь в состоянии судить с большей уверенностью о структуре, химическом составе, динамике, термобарических свойствах верхней атмосферы и их вариациях.

В частности, намечается объяснение механизма открытого недавно явления внезапных и очень резких потеплений стратосферы; проясняется соотношение тепла, получаемого и отражаемого нашей планетой. Собрав данные о том, как тормозятся в верхней атмосфере спутники «Космос», ученые получили возможность уточнить ее плотность на высоте 180—300 км. Сопоставление этих данных с теми, что были получены в 1959—1962 гг., позволило определить

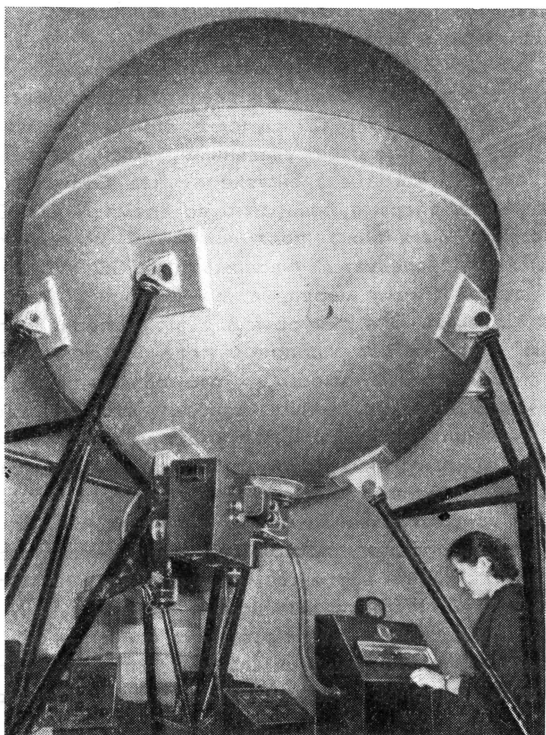
связь вариаций плотности верхней атмосферы с изменением в активности Солнца.

Можно сказать, что почти все достоверные знания о магнитной оболочке планеты стали известны в ходе МГГ и МГСС. Изучение строения магнитосферы, ее наиболее удаленных частей, особенно в период, когда воздействие на нее Солнца наименьшее, впервые проведено во время МГСС. Состояние магнитного поля на самой поверхности планеты обследуется участниками МГСС и примакающего к нему мероприятия — Всемирной магнитной съемки. Она приурочена к этому периоду потому, что сейчас магнитное поле Земли подолгу остается невозмущенным, и это облегчает задачу обнаружения медленных вековых его вариаций. Экспедиции на «Заре», например, удалось установить существование крупных магнитных аномалий в Северной Атлантике, к западу от Британских островов. Установленные на многих спутниках, в том числе серии «Космос», протонные магнитометры позволяют построить карты геомагнитного поля на высоте 300—400 км над поверхностью планеты.

Зондирование ионосферы как «снизу» — наземными станциями, так и «извне» — со спутников — помогло выяснить распределение в ней плотности



Под действием солнечного излучения в земной атмосфере возникают ионизированные слои. Ракета с приборами для исследования ионосферы до запуска поднимается на баллоне



Ионизационная камера для регистрации космических лучей

электронов. Установлено, что выше слоя максимальной концентрации число электронов убывает с высотой очень медленно. Стало ясно, что внешняя ионосфера имеет более сложную структуру, чем полагали ранее: здесь через каждые 120—180 км над главным максимумом концентрации есть дополнительные районы, где концентрация электронов сильно возрастает. Внести ясность в эту картину помог МГСС: именно теперь слои ионосферы остаются длительное время ненарушенными, и их можно лучше изучать.

Выяснилось, что, взаимодействуя с ионосферой, даже короткие (до 50 м) радиоволны могут многократно «кочевать» из одного полушария в другое, перемещаясь по магнитно-силовым линиям. Установив спектрометры на ракетах, удалось обнаружить в ионосфере на высоте 100—150 км боль-

шое количество ионов окиси азота. Это открытие позволяет объяснить, как воздействует солнечное излучение на ионосферу. Спутники «Электрон» дали новые ценные сведения о том, что в 400—500 км над Землей есть не обнаруженные ранее, в период МГГ, частицы гелия и водорода.

Самым чувствительным к солнечной активности элементом оболочки нашей планеты является радиационный пояс. Теперь, в период спокойного Солнца, получены данные о его форме в периоды с различной геомагнитной активностью, зарегистрировано, как он изменяется во время геомагнитных бурь, выяснен состав частиц в нем. Обнаружена большая область на высоте до 50 000 км, где наблюдаются очень интенсивные электроны с энергиями от 0,1 до 10 кэв.

Насколько можно сейчас судить, интенсивность космических лучей в период МГСС возросла по сравнению с 1959 г. за счет малоэнергичной их компоненты приблизительно вдвое. Поток же положительных ионов по сведениям, полученным советским космическим аппаратом «Зонд-2», теперь, при спокойном Солнце, близок к $5 \cdot 10^7$ частиц через квадратный сантиметр в секунду. Это приблизительно вдвое меньше, чем в 1962 г., когда в таком же удалении от Земли его измерила наша межпланетная станция «Марс-1».

Все аспекты исследований, проведенных и еще продолжающихся в соответствии с программой МГСС, перечислить трудно. Некоторым из них были посвящены уже опубликованные на страницах «Земли и Вселенной» статьи, например: «Искусственные спутники — о нашей планете» А. Г. Масевич (№ 1), «Ученые обсуждают вопросы общей циркуляции атмосферы» И. А. Хвостикова (№ 2), «Солнечный ветер, магнитосфера и радиационный пояс Земли» Г. А. Скуридина, В. Д. Плетнева, В. А. Шалимова и И. Н. Швачунова (№№ 3 и 4) и др. Основные научные достижения МГСС будут опубликованы, когда исследователи проанализируют и сопоставят весь богатейший свод материалов, собранных наблюдателями на всех континентах, морях и космических высотах.

Но одна победа МГСС уже совершенно очевидна: он с новой силой подтвердил насущную необходимость, возможность и огромную плодотворность делового сотрудничества между учеными всех стран.



В течение какого времени Солнце в Советском Союзе не заходит?

(Ответ на стр. 22)

У древних греков Арктур, восходящий вечером, считался признаком наступающей весны, а восходящий утром — означал время сбора винограда. В какие месяцы это было?

(Ответ на стр. 81)

В ПУТЕШЕСТВИЕ С КОМЕТОЙ

Б. А. ШТЕЙНС,

доктор физико-математических наук

С давних времен человека интересовал вопрос: откуда приходят кометы и как складывается их дальнейшая судьба? Несмотря на большие усилия ученых, эти вопросы до конца все еще не решены. Однако специалисты по небесной механике, исследуя происхождение комет, пришли к интересным результатам, о которых и будет рассказано в этой статье.

ОРБИТЫ КОМЕТ

При изучении вопроса о происхождении комет первостепенное значение имеет знание их орбит. Форма и размер орбиты, как известно, определяются большой полуосью a и эксцентриситетом e . Вместо них иногда выгоднее применять обратную величину $z = a^{-1}$ и перигелийное, ближайшее от кометы до Солнца, расстояние q . Мы будем прибегать также к углу i , характеризующему наклонность плоскости орбиты кометы к плоскости эклиптики.

Величина z характеризует полную энергию кометы. Если $z > 0$, то комета движется по эллипсу, а ее полная энергия отрицательная, если $z = 0$, то по параболе, а энергия равна нулю, если $z < 0$, то комета движется по гиперболе и обладает положительной энергией.

С достаточной точностью можно считать, что орбиты большинства комет — сильно вытянутые эллипсы и гиперболы, близкие к параболе.

Из 550 комет, для которых вычислены орбиты, не более 50 движутся по эллипсам с периодом обращения около 6 лет (кометы семейства Юпитера). Примерно 500 комет движутся по сильно вытянутым эллипсам или гиперболам. Из них только для 40 почти параболических комет орбиты — и первоначальные и будущие — хорошо определены. Афелии большинства этих комет удалены от Солнца на расстояния в десятки и сотни тысяч астрономических единиц. Например, комета 1898 VIII пришла из области, удаленной от Солнца на 200 000 а. е., а комета 1902 III — из еще более далекой области, отстоящей от Солнца на 400 000 а. е.

Следует подчеркнуть, что, говоря об орбитах, мы имеем в виду первоначальные орбиты комет, по которым они входят в солнечную систему на боль-

ших расстояниях от Солнца. Естественно, когда комета подходит близко к планете, элементы ее орбиты изменяются. Медленно, но непрерывно меняются они и тогда, когда комета находится в зоне притяжения планет.

Чтобы узнать, покинет ли данная комета солнечную систему или останется в ней, вычисляют будущую орбиту кометы, т. е. орбиту, на которую она выйдет после прохождения зоны притяжения планет. Если будущая орбита — гипербола с большим эксцентриситетом, то комета покинет солнечную систему, если же орбита — эллипс с достаточно большим z , то комета вернется в солнечную систему. Вопрос о том, откуда пришла комета — из межзвездного пространства или окраин солнечной системы, — выясняется по первоначальным орбитам.

КОМЕТНОЕ ОБЛАКО

Анализ элементов орбит показывает, что примерно 30% комет приходят из областей, находящихся на расстоянии 50 000 а. е. и более от Солнца. Это указывает на то, что вокруг Солнца, на больших расстояниях от него, движется много комет, представляющих собой так называемое кометное облако. На их движение, кроме Солнца, сильно влияют притяжения звезд. Полная энергия кометы за время пребывания на столь больших расстояниях из-за притяжения звезд может меняться, переходя даже из отрицательной в положительную, при этом комета может покинуть солнечную систему.

Иногда, когда вследствие сил, действующих на комету, скорость ее случайно оказывается равной почти точно нулю, комета начинает падать из облака к Солнцу. Через миллионы лет она проявляется в сфере видимости земных наблюдателей и отмечается как новая комета. При этом она движется почти по параболе.

Все без исключения кометы, у которых скорость нуль или несколько больше, попадают из кометного облака в сферу видимости. А из комет, у которых полная энергия равна нулю, в эту сферу может попасть только одна на 1000. У комет, движущихся по гиперболам, еще меньшая вероятность попасть в сферу видимости.

Наши рассуждения относительно попадания комет в сферу видимости могут быть проверены таким простым опытом. Пусть мы имеем сосуд с внутренней поверхностью в форме полусферы. Опустим с края сосуда небольшой шарик. Если его начальная скорость равна нулю, то шарик пройдет через нижнюю точку сосуда. Если же в начальный момент скорость отличается от нуля, то лишь в редких случаях шарик пройдет через нижнюю точку, так как при малейшем отклонении направления ско-

рости от большого круга, проходящего через нижнюю точку сосуда, шарик не попадает в нее. В нашем опыте нижняя точка (Солнце) «притягивает» шарик (кому). Это вполне соответствует данным наблюдений.

Сравнительно легко отличить новую комету, впервые пришедшую из кометного облака в сферу видимости: она интенсивнее выделяет газы и пыль и, следовательно, ярче старых. Если комета несколько раз побывала в сфере видимости, то ее ядро, состоящее из снега, покрылось ледяной коркой, а запасы газов уменьшились. Ледяная корка затрудняет выброс пыли из ядра и поэтому ее мало в хвосте старой кометы. Таким образом, новые кометы мы можем узнать по следующим трем признакам: во-первых, они движутся почти по параболам, во-вторых, их абсолютная яркость больше и, в-третьих, хвосты этих комет содержат много пыли.

КАКИМИ МЕТОДАМИ ИССЛЕДУЕТСЯ ДВИЖЕНИЕ КОМЕТ?

С давних времен астрономы славятся точными измерениями и подсчетами. В основе расчетов небесной механики лежит второй закон Ньютона и закон всемирного тяготения. Оба они относятся к самым точным законам природы. Представляется, что специалисты по небесной механике могут «вычислить», откуда данное светило пришло и куда оно уйдет, если известны «соответствующие начальные условия». Но, к сожалению, такого рода вывод ошибочен, так как имеется ряд случаев, когда вычисления не ведут к цели.

Рассмотрим следующий идеализированный пример. Имеется точка (комета), движущаяся вокруг неподвижного центра (центр тяжести солнечной системы), который притягивает точку по закону всемирного тяготения. Пусть полная энергия материальной точки равна нулю. В этом случае точка будет двигаться точно по параболе. Какого бы высокого мнения мы ни были об этой нашей идеализированной схеме, все же должны признать, что на практике она допускает некоторую погрешность, так как в природе нет двух полностью изолированных материальных точек. Произвольно малая погрешность в некоторых отношениях радикально меняет результат. Так, если в нашей схеме кинетическая энергия уменьшится на произвольно малую величину, то рассматриваемая точка уже не уйдет в бесконечность, а через некоторое время вернется обратно к притягивающему центру, причем траектория в следующих прохождениях вблизи притягивающего центра почти не изменится. Период же обращения будет в сильной степени зависеть от того, насколько уменьшилась кинетическая энергия.

Следовательно, на практике принципиально невозможно предвидеть, вернется комета или нет, а если вернется, то когда. Значит исследовать движение кометы из кометного облака к Солнцу и обратно для нескольких оборотов с помощью только второго закона Ньютона и закона всемирного тяготения принципиально невозможно. Вот почему в минувшем десятилетии для решения проблем движения комет были выведены статистические методы. При этом применялись как аналитические методы теории вероятности, так и моделирование процесса на быстродействующих электронно-вычислительных машинах (ЭВМ).

Статистические методы применимы, если большая полуось орбиты кометы примерно 40 а. е. или больше. При меньших величинах большой полуоси следует учитывать законы классической небесной механики — об отсутствии вековых возмущений в больших полуосях орбит комет и др.

Чтобы, например, найти, за какой промежуток времени материальная точка, двигаясь приблизительно по параболе, сделает n оборотов и какая вероятность того, что она навсегда удалится от притягивающего центра, следует знать, где, какие изменения полной энергии и с какой вероятностью следует ожидать для рассматриваемой точки. Эту задачу можно решить на ЭВМ. Для простоты примем, что ожидаемые уменьшения энергии происходят вблизи центра притяжения, выражаются числами 1, 2, 3, 4, 5, 6 и равновероятны. В этом случае задача сводится к следующей: с какой вероятностью и какие числа в сумме мы получаем после n бросаний игральной кости?

Если в вычислительной машине не предусмотрены датчики случайных чисел на основе собственных шумов электронных ламп, то при решении подобных задач обычно используются так называемые квазислучайные последовательности чисел. С помощью элементарных операций по упомянутой последовательности нетрудно найти таблицу, в которой появление цифр 1, 2, 3, 4, 5, 6 равновероятно. Суммируя данные цифры n раз и подсчитывая благоприятствующие случаи, мы без труда определяем интересующую нас вероятность без использования формул.

АЛГОРИТМ ПУТЕШЕСТВИЯ

Представим себе, что в день начала путешествия из кометного облака нам известно, сколько оборотов может совершить ядро кометы вокруг Солнца до полного разрушения в его горячих лучах. Это так называемый потенциальный возраст кометы. Известно также, на каком минимальном расстоянии наша комета будет проходить мимо Солнца. Кроме

того, мы знаем полную энергию движения кометы. Эта величина чрезвычайно важна, так как она дает ответ на вопрос: останется ли комета в солнечной системе? Однако мы не знаем основного, т. е. мы не можем предвидеть судьбу нашего путешествия. В таких случаях составляется так называемый алгоритм путешествия, где указываются все возможные случаи, причем указывается и вероятность каждого из них. Так как путешествие совместно с кометой может оказаться весьма сложным, то сначала отметим, что с нашей кометой может случиться, а после этого остановимся более подробно на вопросе, какова вероятность каждой возможности.

Вдали от Солнца мы двигаемся почти по параболе, т. е. почти по прямой линии, и можем быть уверены, что с этой траектории даже вблизи Солнца нас никто не заставит уйти, за исключением весьма маловероятного случая, если мы очень близко подойдем к одной из планет. Путешествие к Солнцу будет длиться много миллионов лет, и в пути нас никто беспокоить не будет. Все волнения начнутся только на сравнительно небольших, в несколько десятков астрономических единиц, расстояниях от Солнца.

Что же заставит нас волноваться? Дело в том, что мы отправились в путь с полной энергией, равной почти нулю ($-0,00002 \text{ (a. e.)}^{-1}$), а при прохождении через солнечную систему эта величина существенно изменится. Ее изменят силы притяжения Юпитера, Сатурна и других планет. Значение полной энергии кометы после прохождения ее через зону планет полностью зависит от того, как они были расположены в момент прохождения кометы через зону их притяжения. В принципе нам это расположение неизвестно. Следовательно приращение энергии является случайной величиной. Если полная энергия после прохождения станет положительной, то после первого же оборота комета навсегда покинет солнечную систему и ее дальнейшая судьба для нас не будет представлять больше интереса. Если полная энергия кометы после прохождения

значительно уменьшится, то она второй раз вернется в зону притяжения планет, не доходя до кометного облака.

Получается так, что при прохождении через зону притяжения планет комета получает некоторую порцию энергии (положительную или отрицательную). Если ее энергия отрицательная, то комета снова и снова возвращается в зону притяжения планет и снова получает новые порции энергии. При этом не следует забывать, что мы путешествуем совместно с комком снега, который быстро испаряется в лучах Солнца, и наша комета погибает. Чем отрицательнее становится полная энергия кометы, тем теснее она связана с солнечной системой, иначе говоря, тем на меньшие расстояния она удаляется от Солнца.

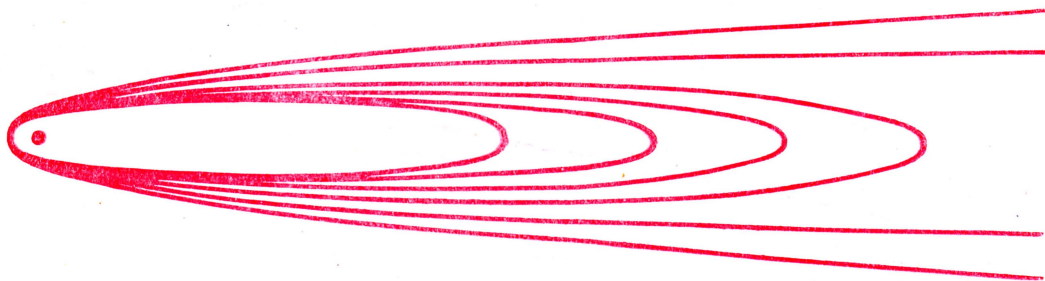
Однако слишком малой полная энергия кометы стать не может, так как если $z > 0,025 \text{ (a. e.)}^{-1}$, то, согласно законам классической небесной механики, в больших полуосях отсутствуют вековые возмущения. Отсюда ясно, что судьба комет во многом зависит от закона, по которому они получают порции полной энергии при прохождении через зону притяжения планет. Этот закон нам хорошо известен. В Латвийском государственном университете на ЭВМ были определены порции энергии для 60 000 условных комет и хорошо изучен закон, по которому распределяются эти порции. В общих чертах закон таков: положительные и отрицательные порции энергии равновероятны. Малые порции более вероятны, чем большие. Максимальная порция отрицательной энергии состоит из 50 порций средней величины.

С другой стороны, Б. Ю. Левин нашел формулу, по которой можно определить, как испаряется кометное ядро при прохождении мимо Солнца.

ЗАКОНЫ ДИФFUЗИИ КОМЕТ

Случайное накопление малых энергий движения при прохождении кометы через зону притяжений планет называется диффузией комет. При диффузии практически изменяются только большие полуоси орбит комет (рис. 1). Найдены следующие три закона диффузии.

Рис. 1. Эволюция орбит комет: при диффузии меняются только большие полуоси орбит



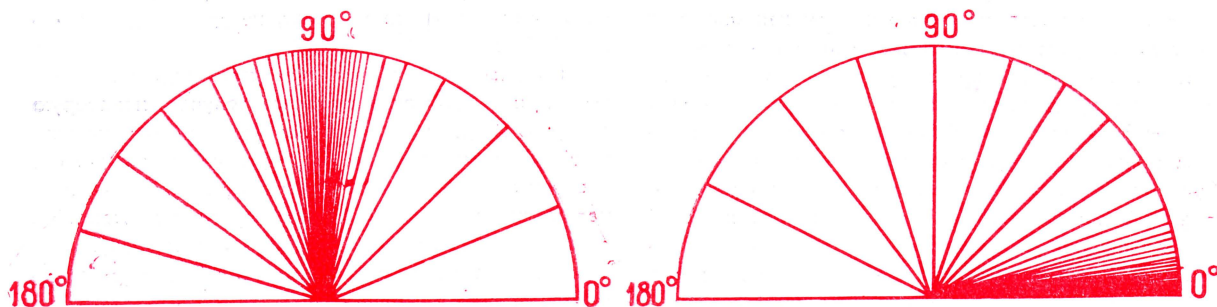


Рис. 2. Распределение плоскостей орбит: слева для новых ($z = 0$) и справа для всех остальных комет ($z > 0,025 \text{ (а. е.)}^{-1}$)

Первый закон диффузии. Вследствие случайного накопления малых возмущений орбиты комет с меньшими значениями больших полуосей имеют меньшие наклонности к плоскости эклиптики, т. е. плоскости их орбит концентрируются к плоскости эклиптики. Этот закон иллюстрируется рис. 2. Для новых комет наиболее часто $i = 90^\circ$, а для всех остальных ($a > 40 \text{ а. е.}$) чаще всего $i = 0$. Это свойство — следствие закона распределения порций полной энергии. Для комет, у которых $i = 0$, порции энергии наибольшие. Справедливость этого закона легко проверить на практике.

Оказывается, что число комет с прямыми движениями (i в пределах от 0 до 90°) и обратными движениями (i в пределах от 90 до 180°) одинаковы только для парабол. Для старых комет (a в пределах от 40 до 4000 а. е.) преобладают прямые движения.

Второй закон диффузии. Вследствие накопления малых возмущений те орбиты, у которых большие

перигелийные расстояния имеют в среднем меньшие эксцентриситеты, т. е. меньшие значения больших полуосей.

Анализ эмпирического распределения больших полуосей комет в зависимости от q показывает, что для комет, подлежащих диффузии в промежутке $0,1 \leq q \leq 0,3 \text{ а. е.}$ на 26 комет с почти параболическими орбитами приходится только две со сравнительно малыми значениями a . Кроме того, оказывается, что при q около 1 а. е. мы имеем гораздо большее число комет с малым значением a большой полуоси, а именно на 51 почти параболическую комету приходится 20 с малым a . Таким образом, эмпирически проверен второй закон диффузии. Чтобы придать ему математический вид, вычислено среднее значение $\bar{z}$ как функции от перигелийного расстояния q . Эти значения были сравнены с наблюдениями. Сплошные кривые на рис. 3 показывают теоретическую зависимость для потенциального возраста в 60 оборотов (кривые I и II) и 7 оборотов (кривые III и IV). Рассмотрены две гипотезы относительно интенсивности выделения газа в зависимости от перигелийного расстояния — при выделении газа

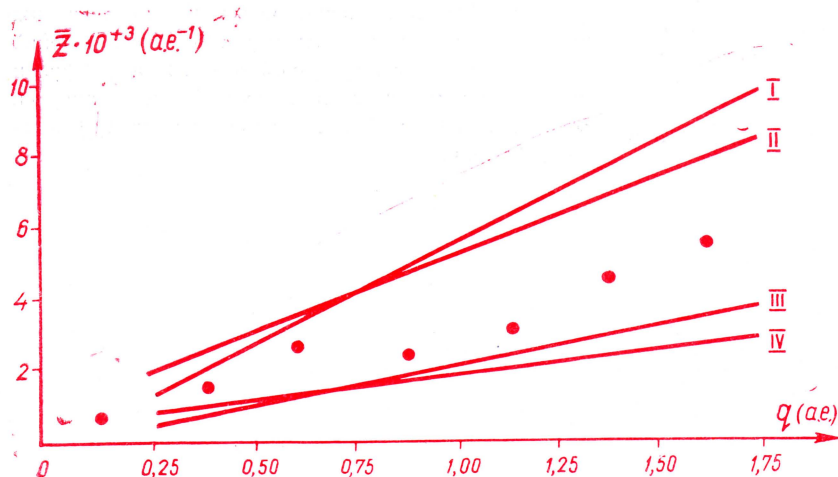


Рис. 3. Зависимость среднего значения обратной величины большой полуоси от расстояния перигелия орбиты кометы. Кругами отмечены данные наблюдений. Учитывались кометы, открытые с 1700 г., у которых $a \geq 40 \text{ а. е.}$

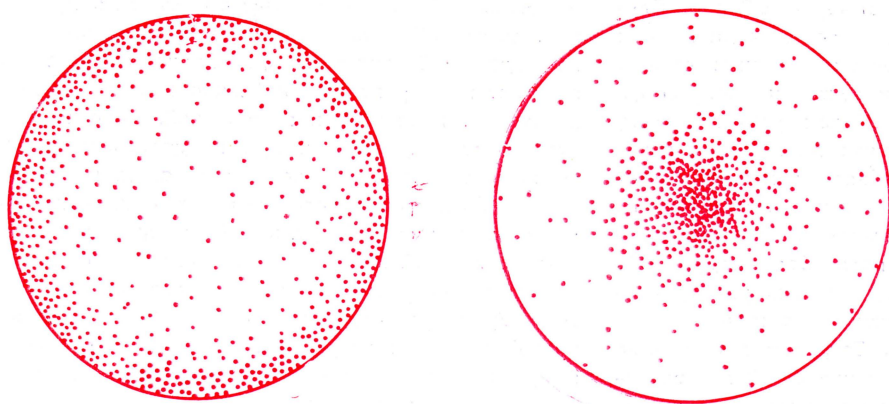


Рис. 4. Распределение точек перигелиев около Солнца (0,5 а. е.) в плоскости орбиты Юпитера: слева для новых комет, справа для всех комет, подлежащих диффузии

пропорционально $q^{5/2}$ получаются кривые I и III, а при $q^{3/2}$ — кривые II и IV. Кружками обозначены данные наблюдений. Очевидно получено прекрасное совпадение теории с наблюдениями.

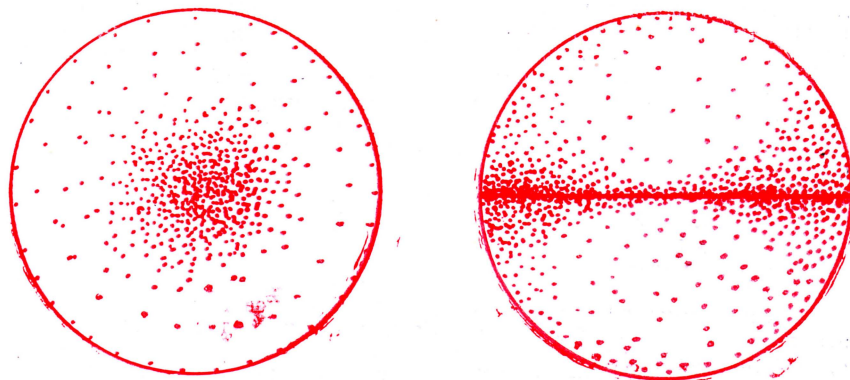
Укажем теперь на причины, из-за которых при $q \approx 0,2$ а. е. имеются только две кометы с малыми значениями большой полуоси орбиты a , а при $q \approx 1$ а. е. их сравнительно много. Рассуждение начнем с момента, когда в солнечную систему входит несколько почти параболических комет. 50% из них при первом прохождении удаляются из солнечной системы. У остальных уменьшаются большие полуоси орбит; согласно закону распределений порций полной энергии наиболее вероятно $|\Delta z| = 0,0005$ а. е.⁻¹. Следовательно, чтобы имелаась комета с 40—67 а. е., она должна много раз пройти через зону притяжений планет. При $q \approx 1$ а. е. это возможно, а при $q \approx 0,2$ а. е. невозможно, так как при таком перигелийном расстоянии кометы через несколько прохождений окончательно разрушаются в лучах Солнца. При $q \approx 5,2$ а. е. разрушение комет происходит очень медленно. Это и есть **третий закон диффузии**, который заключается в том, что вследствие диффузии с уменьшением перигелийного

расстояния увеличивается количество новых комет. Так, для комет с $q = 1$ а. е. новые составляют примерно 30%, а в потоке комет с $q \approx 4,5$ а. е. новых 3—5%. Третий закон диффузии иллюстрирован рис. 4 и 5. На них в двух сечениях представлено распределение точек перигелиев орбит комет вокруг Солнца. Точки перигелиев отмечены для каждого прохождения. Как видим, распределение весьма различно для новых и для всех остальных комет. Кроме того что солнечные лучи быстро разрушают кометы, приближающиеся к Солнцу, на распределение точек перигелиев для старых комет влияет закон распределения порций полной энергии.

ОТКУДА ПОЯВЛЯЮТСЯ КОМЕТЫ СЕМЕЙСТВА ЮПИТЕРА?

Уже в XVIII веке была высказана гипотеза, что кометы семейства Юпитера — это захваченные им параболические кометы. Захватом комет называется очень сильное изменение элементов их орбит при прохождении через сферу действия той или иной планеты. Захват происходит весьма редко, потому что сферы действия планет имеют сравнительно малые площади поверхности. Так, радиус сферы

Рис. 5. Распределение точек перигелиев около Солнца (0—5 а. е.) в плоскости, перпендикулярной к орбите Юпитера: слева для новых комет, справа для всех комет, подлежащих диффузии



действия Юпитера равен примерно 0,3 а.е. Следует отметить, что часто при прохождении кометы через сферу действия планеты элементы орбиты кометы изменяются мало и захват не получается. Уже в XIX столетии были сделаны первые подсчеты, для выяснения вопроса, можно ли захватом параболических (новых) комет объяснить наличие комет семейства Юпитера, расположение и размеры их орбит. Были получены удовлетворительные результаты. Однако в дальнейшем, после более подробного исследования этого вопроса, появился ряд трудностей при объяснении возникновения комет семейства Юпитера таким путем. Так, комет семейства Юпитера с периодом обращения 6—12 лет теоретически получалось слишком мало; выходило также,

что должно быть много комет с большой полуосью орбиты, равной 40 а.е. В действительности этого не наблюдается. Только в последнее время стало понятно, почему получалось такое несогласие теоретических подсчетов и наблюдений. Дело в том, что захват подсчитывали при предположении, что имеются только новые кометы, т.е. за исходные данные брали распределения, изображенные на левой стороне рис. 2, 4, 5, а в действительности новых комет вблизи Юпитера мало. Там главным образом старые кометы. Поэтому за исходные данные следует брать распределение орбит, показанное на правой стороне этих рисунков. При таком подходе, кажушиеся несовпадения между теорией захвата и данными наблюдений исчезают.



(К стр. 16)

Склонение δ незаходящего Солнца связано с географической широтой места φ соотношением $\delta \geq 90^\circ - \varphi$. Если иметь в виду ту территорию СССР, которая расположена на материке, то наиболее северные точки ее имеют географическую широту φ около 78° , и Солнце не заходит на ней при склонении $\delta \geq 90^\circ - 78^\circ \geq 12^\circ$, а с учетом рефракции ($\sim 0^\circ, 6$) и радиуса диска Солнца ($\sim 0^\circ, 3$) — при $\delta \geq 11^\circ$. По астрономическому календарю легко найти, что склонение Солнца в 11° бывает около 18 апреля и около 25 августа, а в промежутке между этими числами склонение Солнца больше 11° . Следовательно, на материковой территории СССР Солнце не заходит на протяжении четырех месяцев. Если же учитывать принадлежащие СССР острова, расположенные в Северном Ледовитом океане, то наиболее северные из них имеют географическую широту $\varphi = 81^\circ$, на которой Солнце не заходит при склонении $\delta \geq 8^\circ$, а именно, примерно, с 10 апреля по 2 сентября, т.е. в течение около пяти месяцев.



В какие месяцы Плеяды видны перед восходом Солнца в средней полосе СССР?

(Ответ на стр. 93)



НЕОЖИДАННЫЕ ВОЗРАСТАНИЯ ПОТОКА КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА ЗЕМЛЕ

В начале 1965 г. советские исследователи Л. И. Дорман, В. Г. Коридзе и Л. Х. Шаташвили опубликовали в журнале «Геомagnetизм и аэрoнoмия» (№ 1, 1965 г.) сообщение об открытых ими неожиданных возрастаниях интенсивности космических лучей на Земле, причем эти возрастания не были непосредственно связаны с хромосферными вспышками на видимой стороне Солнца.

Поток космических лучей у Земли мало изменяется во времени. Однако в периоды повышенной солнечной активности на Земле время от времени наблюдаются большие возрастания космических лучей (иногда в несколько десятков раз), которые обычно связывают с мощными хромосферными вспышками на видимой стороне Солнца. Очевидно, хромосферные вспышки происходят также и на невидимой с Земли стороне Солнца. Поэтому логично ожидать, что высокоэнергичные частицы от вспышек на невидимой стороне Солнца также будут приходить к Земле в результате диффузионного рассеяния их в магнит-

ных полях межпланетного пространства.

Для обнаружения этого эффекта Л. И. Дорман и его сотрудники использовали данные двух наземных станций космических лучей, расположенных на разных широтах, но приблизительно на одинаковой долготе. Такой выбор станций позволял одновременно сравнивать амплитуды возрастаний для частиц различных энергий и исключить возможность аппаратурной ошибки. Из анализа исключились также периоды, когда магнитное поле Земли было сильно возмущено. В результате анализа данных за период с июля 1957 по декабрь 1958 г. включительно было обнаружено 36 случаев возрастаний с амплитудой примерно 1% или больше одновременно на обеих станциях, причем в большинстве случаев в течение 8 часов до внезапного возрастания потока космических лучей на Солнце не наблюдалось вспышек заметной мощности.

Как уже отмечалось, в принципе такого рода возрастания могут быть вызваны высокоэнергичными частицами от хромосферных вспышек на невидимой стороне Солнца. Не исключены, однако, и другие причины, например, резкие изменения в магнитосфере Земли. С другой стороны, расчеты некоторых исследователей (например, Е. Н. Паркера, США) на основе диффузионной модели показывают, что амплитуда возрастания космических лучей на Земле от вспышек на невидимой стороне Солнца действительно должна быть порядка 1%.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ И ПОПЫТКИ ИХ ОБНАРУЖЕНИЯ

В. Б. БРАГИНСКИЙ,
кандидат физико-математических наук

Существование волн тяготения было предсказано Эйнштейном полвека назад. Однако гравитационные волны (гравитационное излучение) ни в прямых, ни в косвенных экспериментах пока никому не удалось обнаружить. Причиной этому — чрезвычайно слабое взаимодействие этих волн с веществом. В последнее время в периодической физической литературе весьма интенсивно обсуждается вопрос о возможности обнаружения гравитационного излучения. Некоторые предварительные опыты уже поставлены.

Можно проследить аналогию законов, описывающих взаимодействие электрических зарядов и гравитационное взаимодействие тяжелых тел. Так, закон всемирного тяготения Ньютона сходен с законом Кулона; уравнения электродинамики сходны с уравнениями Эйнштейна для слабого гравитационного поля. Эти уравнения так же, как и уравнения Максвелла, имеют решения в виде волн, распространяющихся с той же скоростью, что и электромагнитные (со скоростью света).

Из электродинамики известно, что излучение возникает при ускоренном движении электрического заряда. Чем больше величина заряда и чем больше ускорение, тем больше мощность электромагнитного излучения. Для того чтобы получить гравитационное излучение, необходимо по существу то же самое: некоторая масса должна двигаться ускоренно. Однако излучение будет весьма малой интенсивности и обнаружить его весьма трудно.

Основные причины малой интенсивности гравитационного излучения связаны с малостью гравитационной постоянной k , входящей и в уравнения Эйнштейна и в хорошо известную формулу закона всемирного тяготения Ньютона. Роль гравитационного заряда массы m играет величина $\sqrt{k}m$. Отношение этой величины к инертной массе эквивалентно тому, что в электродинамике называют удельным зарядом. Для всех тел отношение $\sqrt{k}m/m$ является постоянной, и притом очень

малой, величиной. Эта величина меньше, чем отношение электрического заряда к инертной массе электрона в 10^{21} раз. Следовательно, если мы станем ускоренно двигать электрон, то мощность гравитационного излучения будет примерно в 10^{42} раз меньше, чем электромагнитного (в формулы для мощности гравитационного и электромагнитного излучения это отношение входит в квадрате).

Итак, единичный электрон (или пачка электронов) при ускоренном движении будет излучать и электромагнитные и гравитационные волны. Различие между ними в мощности составляет 42 порядка (!) Такое различие позволяет физикам называть гравитационное поле (гравитационные силы) рекордистом по слабости в сравнении с другими видами полей (взаимодействий).

Малая интенсивность гравитационного излучения вызвана не только малостью удельного гравитационного заряда. Вторая и не менее существенная причина состоит в том, что все гравитационные заряды *одного знака*. Если один заряд (т. е. какая-то масса) ускоренно движется в одну сторону, то в соответствии с законами механики такой же заряд (т. е. другая масса) должен двигаться в противоположную сторону так, чтобы общее количество движения не изменялось. А это означает, что излучения от этих двух масс будут почти компенсироваться. Только за счет небольшого расстояния между ними компенсация не будет полной. Такое излучение в электродинамике называют квадрупольным, то же название используют и для гравитационного излучения.

Как уже говорилось, для получения гравитационного излучения достаточно двигать с ускорением любую массу. Небольшие массы можно двигать с большим ускорением. Если сгусткам электронов сообщить ускорение, то мы получим даже при огромных ускорениях, которые относительно легко получить в сильных электрических полях, очень

незначительное гравитационное излучение. Можно взять более массивное тело и сообщить ему ускорение. Но тогда, выиграв в массе (т. е. в величине гравитационного заряда), мы проиграем в величине ускорения, так как при определенной величине ускорения даже в самых прочных материалах возникают натяжения, которые приведут к разрушению тела.

Подсчитано, что если возбудить колебания в массивных механических резонаторах, имеющих объем в несколько кубических метров, так, что они будут на грани разрушения, то можно получить только 10^{-20} *вт* мощности гравитационного излучения. При этом придется затратить на возбуждение этих колебаний около 10^{+8} *вт* мощности. Иными словами, 10^{+8} *вт* минус 10^{-20} *вт* превращается в тепло, а 10^{-20} *вт* — в гравитационное излучение. Это лучшее, на что можно рассчитывать в земных условиях. Поэтому поиски ученых сейчас в основном обращены к возможным космическим источникам гравитационного излучения.

Как хорошо известно, при обращении одного тела вокруг другого движение происходит с изменением направления скорости, т. е. с ускорением. Следовательно, при этом должны излучаться гравитационные волны (рис. на стр. 25 слева). Наиболее интересны поэтому с точки зрения получения мощного гравитационного излучения массивные двойные звезды с коротким периодом обращения. Уникальной двойной звездой в этом отношении является звезда WZ Стрелы, у которой период обращения ее компонент составляет всего 81 минуту. Общий поток мощности, который должна излучать эта звезда, составляет огромную величину $\simeq 2 \cdot 10^{23}$ *вт*, что, может быть больше, чем электромагнитные излучение этой звезды в оптическом диапазоне длин волн. Известно несколько звезд типа WZ Стрелы (но лишь немного медленнее обращающихся) в относительной близости от солнечной системы. Если от WZ Стрелы можно ожидать вблизи Земли поток мощности около 10^{-11} *вт* на каждый квадратный метр поверхности, то от несколько более медленных можно ждать 10^{-13} — 10^{-14} *вт* на квадратный метр. Это наиболее «надежные» источники гравитационного излучения неземного происхождения.

Отметим одну интересную особенность этих излучателей. Излучая гравитационные волны, двойная звезда теряет запас гравита-

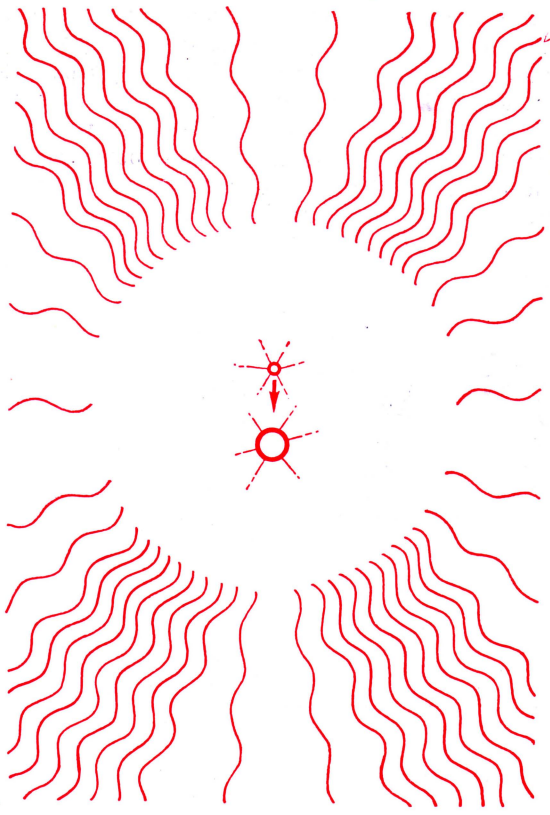
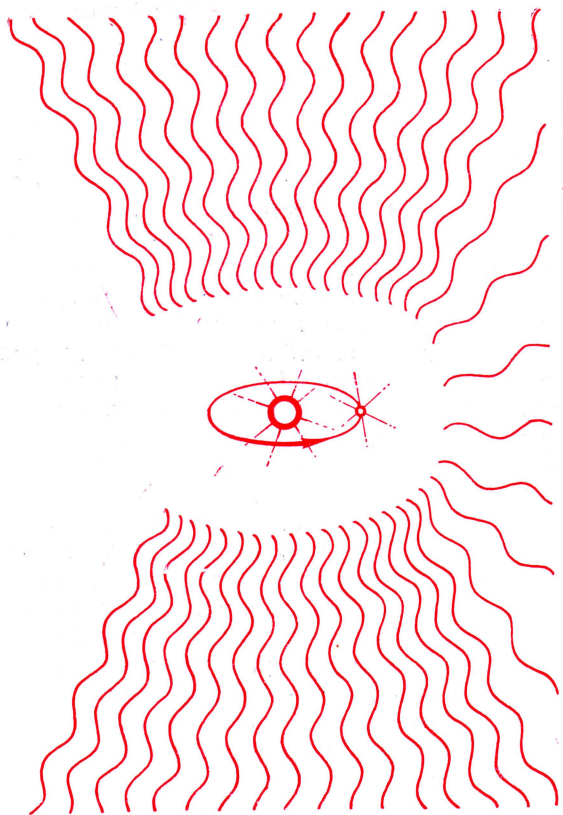
ционной энергии, поэтому ее компоненты должны сближаться, а период обращения должен уменьшаться. Подсчитано, что компоненты WZ Стрелы должны за 40 лет изменить частоту обращения на $\sim 10^{-8}$ долю. С точки зрения стабильности современных атомно-молекулярных стандартов частоты это огромная величина: стабильность частоты водородных мазеров порядка 10^{-12} . Это означает, что по крайней мере в принципе можно было бы, наблюдая изменение периода обращения подходящих двойных звезд, косвенным образом убедиться в существовании гравитационного излучения. Однако другие процессы, происходящие на двойных звездах, также могут повлиять на период обращения, причем гораздо сильнее, чем волны тяготения, так что такой косвенный эксперимент, даже если он будет поставлен, не может быть «чистым».

Не только двойные звезды являются источниками интенсивного гравитационного излучения. Я. Б. Зельдович и И. Д. Новиков подсчитали, что при падении некоторой массы m на звезду, у которой почти все ядерное горючее выгорело и радиус близок к гравитационному*, несколько процентов от mc^2 превращается в гравитационное излучение (рис. на стр. 25 справа). От таких источников можно ожидать плотности гравитационного излучения вблизи Земли около 10^{-4} — 10^{-7} *вт* на квадратный метр. Спектр излучения будет определяться только массой звезды. При таком процессе частота излучения может достигать нескольких килогерц. Однако эти источники импульсные, т. е. излучают волну в виде короткого всплеска при падении тела, а затем излучение прекращается.

Тепловые колебания электронов и атомов также должны давать гравитационное излучение. Подсчитано, что Солнце излучает за счет теплового движения частиц газа в нем примерно 10^5 *вт* полной мощности гравитационного излучения так, что на Землю падает в секунду несколько гравитонов (квантов волн тяготения) на квадратный метр поверхности.

Если бы нам приходилось принимать электромагнитное излучение мощностью в 10^{-10} *вт* на квадратный метр, то, используя современные методы радиоприема, эту зада-

* Такие звезды называются коллапсирующими, гравитационный потенциал на их поверхности близок к c^2 (c — скорость света).



Космические источники волн тяготения; слева — излучение гравитационных волн при обращении двойной звезды. Волны излучаются, главным образом, вдоль оси орбиты; справа — излучение гравитационных волн при падении массы на звезду

чу можно было бы легко решить даже для относительно низких частот. Но так как мы имеем дело с гравитационным излучением, задача существенно усложняется. Для того чтобы обнаружить гравитационную волну, необходимо в качестве антенны использовать две разнесенные в пространстве массы и какое-то специальное устройство, которое позволило бы измерять малые силы (или малые смещения), возникающие между этими массами. Так как удельный гравитационный заряд у всех масс одинаков, то такая антенна будет реагировать на гравитационную волну только за счет отставания (сдвига фаз) волны между этими двумя массами. Иными словами, приемник гравитационного излучения столь же малоэффективен, сколь и излучатель.

Гравитационные волны практически свободно, не задерживаясь, проникают через любые тела и лишь очень незначительная доля энергии гравитационной волны превращается в механическое движение встречающихся на ее пути масс. Однако современная экспериментальная техника все же позволяет надеяться обнаружить гравитационное излучение по крайней мере от мощных импульсных источников, о которых шла речь выше.

Американским физиком Дж. Вебером создается установка, рассчитанная на обнаружение потоков гравитационного излучения плотностью порядка 10^{-6} *вт* на квадратный метр. Главная часть этой установки представляет собой цилиндр из дюралюминия длиной около 3 м и массой в 1,5 т. Цилиндр подвешен на тонких нитях в вакууме и охлажден до температуры жидкого гелия. В средней части цилиндра к его поверхности приклеены пластины кварца. Гравитационная волна должна возбудить слабые механические колебания в цилиндре. Пластины кварца, обладающие пьезоэффектом, преобразуют

эти колебания в электрические, которые затем должны быть усилены с помощью чувствительного усилителя. Такое устройство должно действовать эффективно только вблизи резонансной частоты колебаний цилиндра (точнее самой низкой из его резонансных частот для продольных колебаний). Эта частота примерно равна 1,5 кгц.

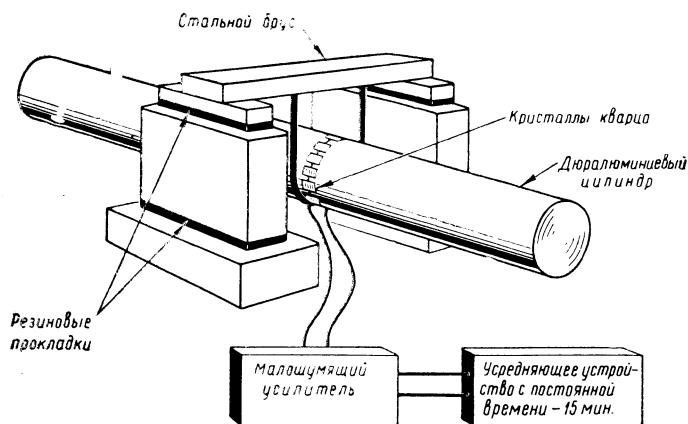


Схема установки Дж. Вебера для улавливания гравитационных волн

Как мы уже говорили, в принципе должны быть космические источники гравитационного излучения на таких частотах. Но это источники импульсные, и как часто они «работают» — неизвестно. Однако даже отрицательный результат такого эксперимента дает физикам существенную информацию: можно будет вблизи определенной частоты иметь значение верхнего предела потока мощности гравитационной радиации, падающей на Землю, а также сделать заключение о том, как часто действуют некоторые гипотетические источники.

Интересно отметить, что амплитуда колебаний торцов цилиндра, которую могут регистрировать пьезокристаллы, составляет всего 10^{-15} см. Это в 100 раз меньше размеров атомного ядра. На первый взгляд кажется, что такое смещение в принципе неизмеримо. Однако не следует считать, что измерить его нельзя. Это смещение центров масс двух половин цилиндра, причем не все смещение,

а только колебания в очень узкой полосе частот.

Теперь попытаемся ответить на вопрос: является ли поток мощности гравитационного излучения, который можно обнаружить в установке Дж. Вебера, предельным? По-видимому, на этот вопрос следует ответить отрицательно. Дело в том, что минимально обнаружимая сила, вызывающая колебания двух половинок цилиндра, определяется беспорядочными тепловыми колебаниями. В физике шумов давно известно, что интенсивность таких колебаний определяется внутренним трением. Чем выше коэффициенты трения, тем интенсивнее эти колебания. Поэтому при постановке опыта было бы весьма выгодно иметь две разъединенные массы, которые были бы возможно слабее связаны друг с другом и со стенками лаборатории. Тогда чувствительность (принципиально достижимая) у такой приемной антенны оказывается на много порядков лучше, чем оценка ожидаемой чувствительности в опыте Вебера.

Реализовать такие условия нелегко, еще труднее сделать устройство, которое, не внося помех, измеряло бы малые относительные механические колебания масс. Необходимо для обнаружения излучения от известных двойных звезд фиксировать периодические смещения центров пробных масс с амплитудой 10^{-17} — 10^{-19} см (!) Можно, конечно, увеличить масштаб эксперимента (взять большие массы и разнести их на большие расстояния), тогда необходимо будет измерять несколько меньшие смещения. Сейчас известные радиофизические методы позволяют измерить лишь 10^{-12} см.

Таким образом, резюмируя наш краткий обзор положения с опытами по обнаружению гравитационного излучения, следует сделать вывод, что излучение это в принципе может быть обнаружено, однако еще недостаточно высок уровень экспериментальной культуры в этой области.

Обнаружение волн тяготения будет означать открытие новой формы движения материи. Кроме того, открытие гравитационного излучения от источников неземного происхождения не только явилось бы добавочным подтверждением общей теории относительности Эйнштейна, но, быть может, стало бы добавочным каналом астрофизической информации.

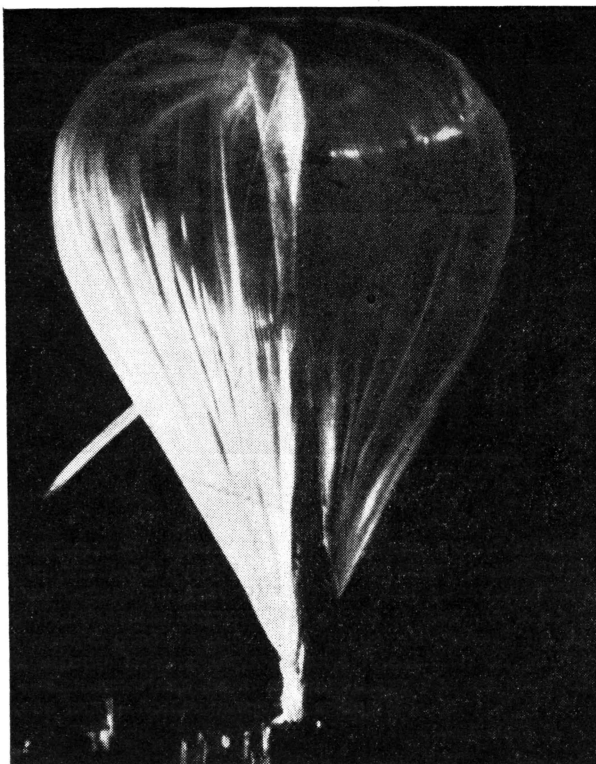
ИНФРАКРАСНАЯ АСТРОНОМИЯ С ПОМОЩЬЮ АЭРОСТАТОВ*

Дж. СТРОНГ

Атмосфера Земли изолирует ее поверхность от влияния космического пространства, что существенно в двух отношениях. С одной стороны, это способствует развитию живых организмов на Земле. Азот, кислород и озон, входящие в состав атмосферы, поглощают ультрафиолетовое и рентгеновское излучение. И таким образом служат как бы экраном, задерживающим рентгеновское и ультрафиолетовое излучения Солнца. Пары воды и углекислый газ, в свою очередь, поглощают длинноволновое инфракрасное излучение, испускаемое планетой, поддерживая умеренную температуру земной поверхности. С другой стороны, эта же самая атмосфера задерживает большую часть информации, идущей к нам из космоса. Наземные телескопы в состоянии улавливать только те волны электромагнитного спектра, которые проходят через «окна» в атмосфере; одно из них расположено в видимой части спектра, другое — в области радиоволн определенной длины и, наконец, есть несколько узких «щелей» в инфракрасной части спектра (рисунок на стр. 28).

В последние годы астрономы сделали значительные успехи в преодолении влияния атмосферы. С помощью самолетов и аэростатов они сумели поднять астрономические приборы выше основной толщи атмосферы. Ракеты и ИСЗ позволили вывести приборы за ее пределы. Те сведения, которые получены с помощью новых методов, значи-

* Журнал «Scientific American», № 1, 1965 г. Мы публикуем статью с небольшими сокращениями. Перевод с английского Р. Г. Базурина.

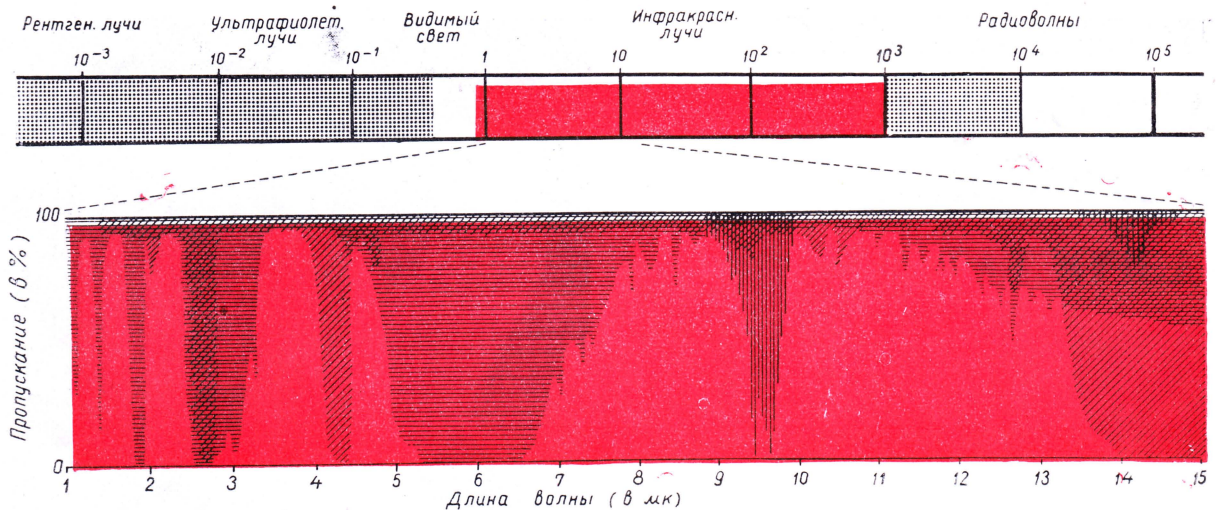


Наполнение баллона, с которым в октябре 1964 г. были проведены наблюдения облачного слоя Венеры, происходило при свете прожекторов в предутренние часы на базе ВВС Холломан. Полиэфирная смола оказалась более пригодным материалом для оболочки аэростата, чем полиэтилен

тельно расширили и дополнили астрономическую науку. Ракетные методы астрономических исследований доказали возможность проведения наблюдений в ультрафиолетовой и рентгеновской части электромагнитного спектра. Аппаратура, необходимая для обнаружения подобного рода излучений, отличается малым весом и высокой чувствительностью. Аэростаты дают возможность с успехом проводить исследования в инфракрасной части спектра. Особенности полета аэростата позволяют проводить в течение достаточно длительного времени относительно устойчивые наблюдения, что служит необходимой предпосылкой для регистрации излучений в этой, менее энергичной части электромагнитного спектра. Аэростаты способны поднять сравнительно большие телескопы и

спектрометры над той частью атмосферы, где сосредоточено 99,9% всех водяных паров.

Существует множество астрономических проблем, для решения которых существенны исследования инфракрасного излучения. И даже в пределах Солнечной системы есть очень много вопросов, которые требуют своего разрешения. Возьмем только один из них: каково атмосферное давление на Марсе? Инфракрасные исследования должны дать ответ на этот вопрос. В исследовании Галактики инфракрасная астрономия также обещает многое. Можно ли зафиксировать инфракрасное излучение «протозвезд» — сгустков вещества, которые еще не разогрелись до такой степени, чтобы испускать видимый свет? Какие звезды, испускающие свет, имеют холодных невидимых соседей



Радиационные «окна» в непрозрачной атмосфере соответствуют незакрашенным участкам спектра (вверху). Существуют два основных окна, пропускающих видимый свет (слева), и радиоволны с длиной волны от 1 см и длиннее (справа). Инфракрасное поглощение в области от 1 до 15 мк (внизу) меняется от очень слабого (например, в области 8—13 мк) до полного. Поглощающие агенты обозначены штриховкой — горизонтальной для водяного пара, диагональной — для двуокиси углерода и вертикальной — для озона

или невидимые оболочки? Инфракрасное излучение проходит через облака межзвездного вещества более свободно, чем видимый свет; даст ли это нам какие-то новые сведения о скрытом за этими облаками ядре Галактики? По моему мнению, исследование инфракрасного излучения способно ответить на эти и ряд других вопросов и значительно увеличить общий объем астрофизической информации.

Наша группа при университете Джона Гопкинса являла инфракрасные исследования с помощью аэростатов в 1956 г., когда Ширли Сильвермен, Френк Б. Изаксон и Малькольм Росс из научно-исследовательского центра военно-морских сил задали нам вопрос, не знаем ли мы астрономических проблем, для решения которых можно использовать двухместный высотный аэростат. Первой нашей мыслью было исследовать солнечное инфракрасное излучение, отраженное Марсом и Венерой. Сферическая герметическая гондола аэростата морских сил была далеко не лучшим местом для установки телескопа со спектрометром, но перспектива провести такие на-

блюдения была настолько привлекательная, что мы вскоре справились и с этими трудностями.

Мы решили использовать разновидность телескопа Шмидта — рефлектор с прозрачной корректирующей пластинкой. Основное зеркало имело диаметр 16 дюймов, хотя в любой данный момент работала только часть зеркала диаметром 12 дюймов. Как само зеркало, так и корректирующая пластинка диаметром 12 дюймов были сделаны из плавленого кварца, чтобы избежать расширения и сжатия при резких перепадах температур. Светосила инструмента составляла 1:1,5. Избыточная площадь зеркала была специально предусмотрена: при наведении аппаратуры, поднятой аэростатом, мы старались избежать необходимости точных перемещений наиболее тяжелой части аппаратуры — телескопа. Требование точности было перенесено на сравнительно легкое устройство телескопа — «оптическое реле». Для этого конец телескопа был расположен так, что все его движения, а также перемещения спектрометра, со-

единенного с ним, представляли собой вращение относительно точки, находящейся в центре корректирующей пластинки. Оптическое реле, установленное на карданном подвесе так, что оно могло вращаться вокруг той же точки, было сориентировано в направлении планеты-цели с помощью чувствительной следящей аппаратуры — звездного гида.

При такой системе достаточно было грубо направить тяжелый телескоп на планету, причем он мог отклоняться от цели на 3° , лишь бы изображение планеты оказалось на фокальной поверхности главного зеркала (рисунок на стр. 29). Тогда следящее оптическое реле, увидевшее цель, должно неизменно следить за смещающимся первичным изображением и создавать вторичное изображение, смещающееся не более чем на $3''$ у точки опоры карданного подвеса. Это вторичное изображение, отраженное маленьким зеркалом, было сфокусировано на входную цель спектрометра.

Исследование инфракрасного излучения Марса было первостепенной задачей в нашей программе запусков аэростатов с человеком на борту. Противостояние Марса, когда планета находилась на ближайшем от Земли расстоянии, было в 1958 г., но нас постигла неудача (первая из целой серии) из-за полиэтиленовой оболочки аэростата. И все же, в конце ноября 1959 г. аэростат с Россом в качестве пилота и Муром в качестве наблюдателя успешно достиг высоты в 24 384 м. Противостояние

Марса к тому времени давно прошло, и целью инфракрасных исследований стала Венера. В тот момент количество водяных паров над телескопом не превышало 1% к их общему количеству в атмосфере.

Наблюдатели направили телескоп на цель и получили записи линий поглощения в спектре солнечного инфракрасного излучения, отраженного от Венеры. Полученные линии спектра указывают на поглощение водяным паром, которое тем не менее составляло не больше 5% от интенсивности солнечной отраженной радиации при ошибке наблюдения $\pm 4\%$. Такая неопределенность обусловлена движениями gondoly аэростата. Частично это было вызвано необходимостью передвижения наблюдателей внутри gondoly, но в основном связано с колебаниями самого аэростата, подчас столь резкими, что приходилось совсем прекращать работу. Любопытный результат, полученный Россом и Муром, имел для нас громадное значение, и мы были довольны даже такой работой всей аппаратуры. Однако записи радиации, снятые с приборов, имели столь сильный разброс, что ставили под сомнение все полученные результаты.

В 1961 г. мы стали разрабатывать программу подъема нашего оборудования на аэростатах без экипажа. В 1962 г. нас ожидал жестокий удар: во время испытательных полетов мы потеряли три полиэтиленовых аэростата. Следующий год был ненамного удачнее. 4 мая 1963 г. мы впервые испробовали более прочный аэростат, сделанный из полистироновых смол, но в этот раз отказало уже наше оборудование. 10 мая, после того как оно было наскоро исправлено,

мы поместили его на старый аэростат с полиэтиленовой оболочкой. Аэростат взорвался.

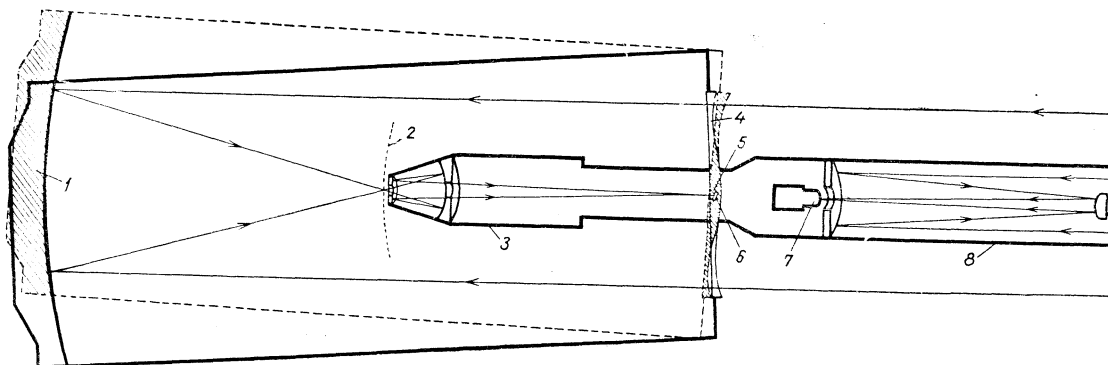
К счастью для всего будущего развития астрономии, в то время как нас преследовала серия неудач, Мартину Шварцшильду из Принстонского университета, одному из пионеров запусков телескопов на воздушных шарах, повезло. В 1963 г. с помощью инфракрасной аппаратуры, установленной на непилируемом аэростате «Стратоскоп-2», им были обнаружены следы паров воды в атмосфере Марса. Когда наше оборудование в феврале 1964 г. было снова готово для полета, целью опять стала Венера.

Прошло более четырех лет с момента первого полета аэростата, когда целью исследования была Венера. За это время в конструкцию нашего оборудования было внесено много изменений. Тогда грубой наводкой телескопа занимался наблюдатель в gondole аэростата. Теперь же, когда полет проходил без людей на борту аэростата, такая наводка проводилась автоматически. Полет в 1959 г. состоялся в ночное время, сейчас мы планировали запустить непилируемый аэростат в дневные часы. Для та-

ких полетов мы разработали систему, которая предусматривала грубую наводку телескопа со следящей системой, определяющей положение Солнца. Когда наводка системы на Солнце закончена, происходит наводка контейнера с приборами на Венеру по азимуту и высоте. Возможность изменения высоты обеспечивается действием силы тяжести, изменения азимута — вращением в противоположную сторону маховика, который состоит в основном из батарей, обеспечивающих аппаратуру электроэнергией. Эта конструкция во многом похожа на ту, которая использовалась Шварцшильдом во время запуска «Стратоскопа-1». В нашей конструкции вращающийся маховик был установлен в нижней части телескопа, а не в верхней. Размещение тяжелой компоненты в нижней части обусловлено двумя обстоятельствами: во-первых, все наше оборудование должно было возвратиться с парашютом и испытать довольно сильный удар, и, во-вторых, мы хотели провести наземные испытания нашего оборудования без нависшей над головой угрозы.

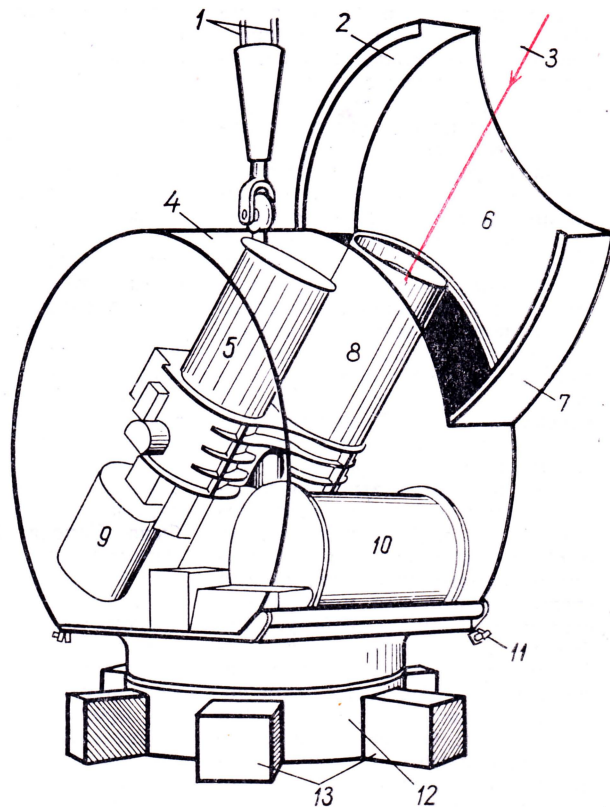
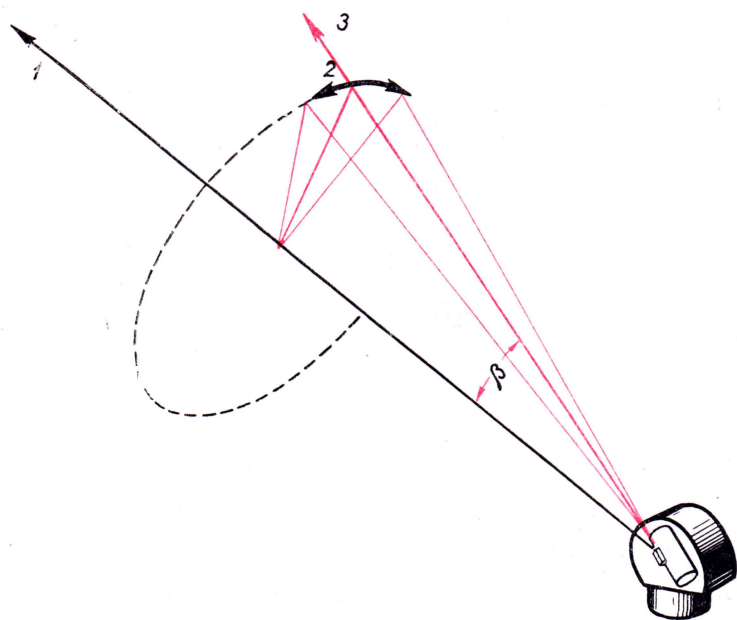
Задача следящей системы с использованием солнечных дат-

В конструкции телескопа для высотных наблюдений задача точного наведения переносится на легкие внутренние устройства, вместо всего тяжелого инструмента. Основное зеркало телескопа Шмидта может отклоняться на 3° от нужного направления; оптическое реле, соединенное со звездным гидом, и в этом случае приведет вторичное изображение в центр вращения с ошибкой не более чем $3''$. Основное зеркало имеет диаметр 15 дюймов, корректирующая пластинка — диаметр 12 дюймов. В целом телескоп представляет собой высокоэффективный прибор достаточно умеренного веса со светосилой 1:1,5: 1 — главное зеркало телескопа Шмидта; 2 — фокальная поверхность; 3 — оптическое реле; 4 — корректирующая пластинка Шмидта; 5 — центр кривизны; 6 — вспомогательное зеркало; 7 — фотоумножитель; 8 — звездный гид



Наведение телескопа на цель (точная наводка требуется после того, как телескоп, установленный на аэростате, уже грубо сориентирован) — задача точного солнечного датчика, посредством которого происходит поворот телескопа по дуге поиска. Угол β определяет радиус круга, в центре которого находится Солнце. Венера в этом случае должна находиться на дуге этого круга:

1 — направление на Солнце; 2 — дуга поиска; 3 — направление оси телескопа на Венеру



Телескоп начинает работать после того, как с помощью грубых солнечных датчиков произойдет наводка оси телескопа на Венеру и по команде с Земли откроются защитные створки: 1 — крепление к аэростату; 2 — верхний люк; 3 — свет от Венеры; 4 — кожух; 5 — спектрометр; 6 — тканевый солнечный экран; 7 — нижний люк; 8 — телескоп; 9 — холодильник; 10 — герметизированный контейнер электронной аппаратуры; 11 — грубые солнечные датчики; 12 — маятник; 13 — батареи

чиков, установленной нами для полетов в дневное время, сводилась к грубой наводке телескопа на Венеру. Вторичные более точные солнечные датчики должны были установить инструмент для наблюдения. Это устройство, разработанное Марком Ботема, могло быть запрограммировано заранее, до полета и могло также исправить ошибки в программировании. Названный β -системой датчик состоял в основном из чувствительных элементов (ячеек), установленных по направлению на Солнце под таким углом по отношению к оси телескопа, который равен углу между Солнцем и Венерой,

отсчитанному по большому кругу на небесной сфере. Изменения этого угла при перемещении наблюдателя на Земле, пренебрежимо малы. В предполагаемый для полета день, когда Венера будет находиться в наиболее удобном для наблюдения положении, этот угол также будет изменяться в течение дня на незначительную величину. Таким образом, в нашей чувствительной системе один элемент был постоянным (рисунок на этой стр.).

Хотя солнечный датчик был нацелен на Солнце, призма перед ним расположена так, что он мог вращаться вокруг оси, па-

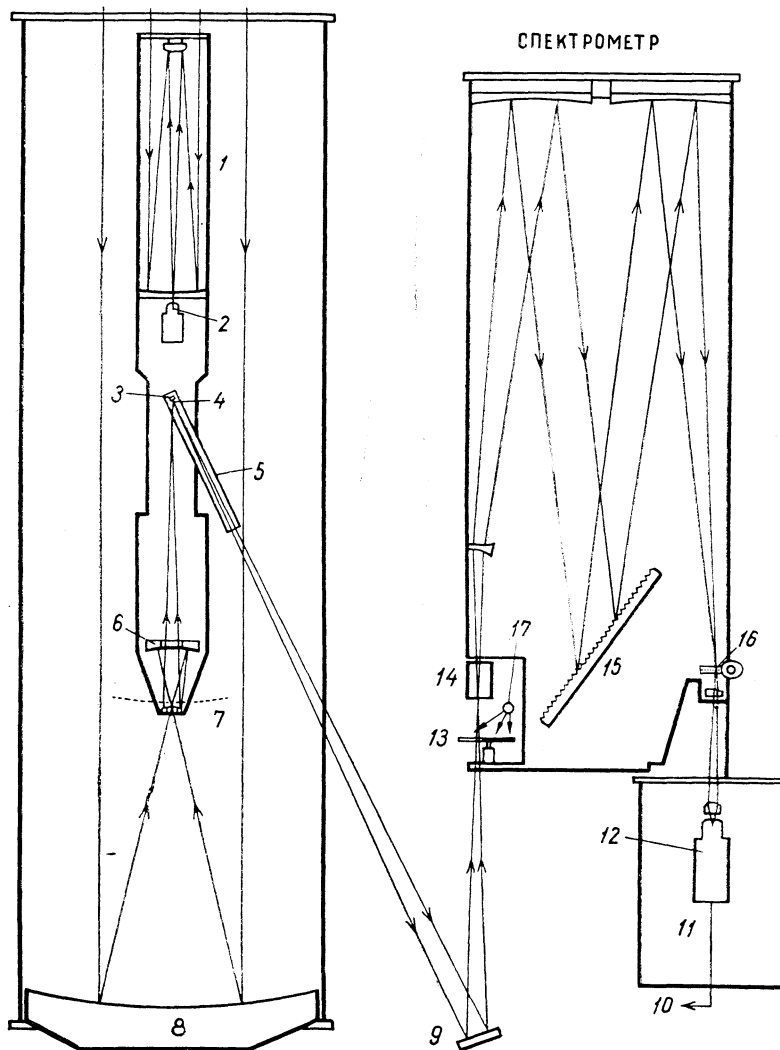
раллельной оси телескопа. В отличие от угла большого круга угол этого поворота должен меняться в зависимости и от географического положения аэростата и от времени, а это в свою очередь могло быть известно заранее на основании имеющихся сведений о направлении и скорости ветра в верхней атмосфере. Если этот прогноз ошибочен, вращение призмы вокруг своей оси должно обеспечивать корректирующее сканирование. Устройство использует звездную геометрию, которая требует, чтобы Венера лежала на круге с радиусом, определяемым углом большого круга между Солнцем

ТЕЛЕСКОП

и Венерой, независимо от географического положения инструмента. В том случае, если не известны заранее географические координаты аэростата в момент, когда он достигнет заданной высоты наблюдения, вращающаяся призма должна поворачиваться. При этом следящий механизм заставит телескоп начать круговое сканирование неба, пока Венера не окажется в поле зрения звездного гида, который в свою очередь управляет оптическим реле телескопа.

Звездный гид был другой важной компонентой, которую пришлось переконструировать для наблюдений в дневное время. Хотя для человека, наблюдающего небо с высоты 24 384 м, оно кажется черным, все же освещенность там достаточно велика, что делает задачу отделения света, идущего от Венеры, неразрешимой для простого фотоэлемента. После большой работы Морис Бёрнбаум из Импро Корпорейшн изобрел дневной звездный гид, использующий диссектор изображения и фотоумножитель, чтобы выделить видимый свет Венеры на фоне свечения неба и таким образом управлять следящей системой. Мы испробовали прибор Бёрнбаума на земле во время заката Солнца, когда выделение света Венеры из общего свечения неба на порядок величины труднее, чем в полдень на высоте 27 км. Аппаратура вела себя превосходно.

Приготовления к нашему полету начались незадолго до рассвета 21 февраля на базе военноморских сил Хулмен недалеко от Аламогордо. Сначала наполнение оболочки аэростата было отложено из-за сильного ветра. Лишь в 9 часов 30 минут утра началось наполнение баллона гелием, и запуск был успешно осуществлен к 10 часам 46 минутам утра. Аэростату понадобилось более двух часов, чтобы достигнуть расчетной для проведения наблюдений высоты в 1 час 15 минут пополудни, когда была проведена грубая ориентировка приборного контейнера. Заслонки на конце телескопа открылись по команде с Земли вскоре после 1 часа 30 минут пополудни. Нижняя заслонка защищала телескоп от отраженного света со стороны Земли, верхняя — от отраженного света оболочки аэростата. Пространство между заслонками



Способ соединения приборов. Вспомогательное зеркало в центре вращения (слева) передает отраженный сигнал, преобразованный следящим оптическим реле, на второе вспомогательное зеркало, расположенное на наружной части телескопа, которое в свою очередь передает собранные инфракрасные лучи на входную щель спектрометра (справа). Перед этим круговой пучок лучей не только прерывается на отдельные импульсы, но и преобразуется в узкую полосу, удобную для спектрометра. Дифракционная решетка затем разворачивает узкий луч в почти дюймовой ширины полосу, попадающую на 21 выходящую щель, каждая из них соответствует точке, в которой водяной пар поглощает инфракрасные волны. На этом рисунке нет корректирующей пластинки Шмидта; aberrации основного зеркала исправляются с помощью одной асферической поверхности, содержащей только зеркала: 1 — звездный гид; 2 — фотоумножитель; 3 — первое вспомогательное зеркало; 4 — центр кривизны; 5 — трубка оптического реле; 6 — асферическое зеркало; 7 — фокальная поверхность; 8 — главное зеркало телескопа Шмидта; 9 — второе вспомогательное зеркало; 10 — зеркальный гальванометр и фоторегистрирующее устройство; 11 — холодильник; 12 — фотоумножитель; 13 — пластинка абтюлятора; 14 — масштаб изображения; 15 — дифракционная решетка; 16 — входные щели; 17 — ртутная лампа

было с одной стороны закрыто тканевой шторкой, которая затеняла инструмент от прямых лучей Солнца.

Рассчитанный по прогнозу ветра курс аэростата оказался ошибочным. Аппаратура для точной наводки на Венеру начала работать, когда аэростат находился на расстоянии 160 км от расчетного положения, и необходимо было перейти на сканирование при помощи призм солнечного датчика. Хотя начальное направление сканирования было, по-видимому, неверным, потребовалось только девять минут, чтобы навести звездный гид на Венеру. В течение последующих двух часов планета постоянно находилась в поле зрения прибора.

В целом полет имел простую задачу: измерить количество солнечной инфракрасной радиации, отраженной поверхностью Венеры, в длинах волн, поглощаемых водяным паром. В процессе этого эксперимента мы, естественно, должны были столкнуться с альтернативой: дисперсия света в спектрометре осуществляется при помощи дифракционной решетки, при этом либо дифракционная решетка должна двигаться взад и вперед, и тогда инфракрасные волны проходят через фиксированную щель к детекторам, либо дифракционная решетка должна быть неподвижной, а щель подвижной.

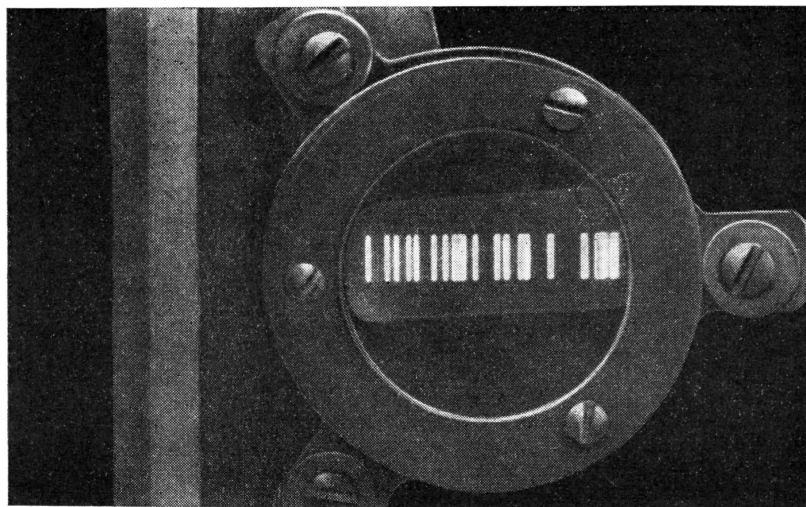
Мы выбрали третий путь. Благодаря остроумному предло-

жению В. С. Бенедикта, наш спектрометр имел не 1, а 23 щели, каждая соответственно расположена в линии поглощения водяного пара в полосе инфракрасного излучения 1,13 мк (рисунков на стр. 34). Таким образом мы намного увеличили количество энергии, которая должна пройти через спектрометр. Единичная щель, через которую может пройти такая же энергия, как и через 23 щели за то же время, не способна различить линии поглощения. Чтобы сравнить поглощение энергии 23 линиями с поглощением в смежных областях, щели передвигались взад и вперед по спектру каждые 10 секунд. Результаты отсчета отличались от спектра с линиями поглощения, расположенными в обычном порядке. Отсчет должен просто указывать, было ли общее поглощение в линиях водяного пара больше, чем в смежных областях. В результате мы жертвовали видом спектра, чтобы получить количественный химический состав.

Полет в феврале 1964 г. предусматривал как качественное подтверждение, так и повышение точности эксперимента, впервые проведенного в 1959 г. Анализ спектрометрического сканирования указывали, что количество инфракрасной радиации, поглощаемое атмосферой Венеры в линиях водяного пара, по сравнению с количеством радиации, поглощенной смежными спектральными областями, составляло $10,5\% \pm 0,5\%$. Если

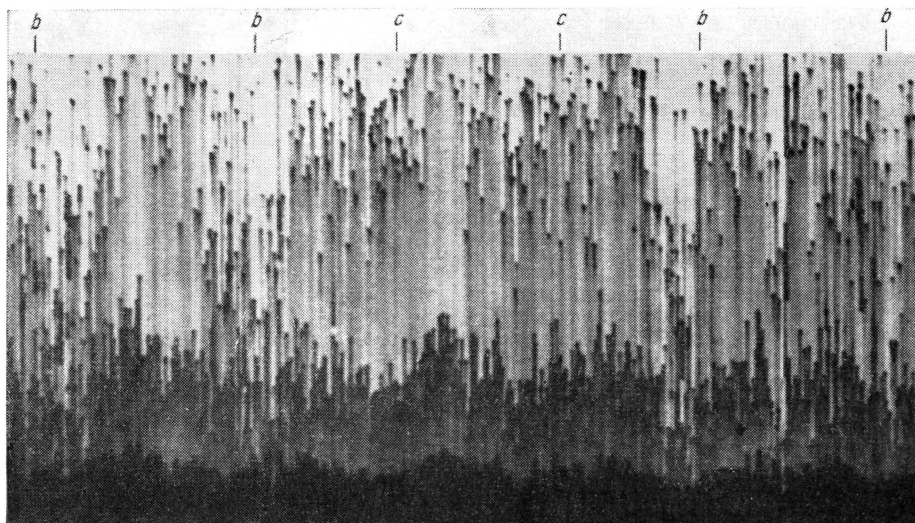
принять во внимание различие в калибрации, то этот отсчет перекрывает верхнюю границу ранее сделанного измерения, а именно $5\% + 4\%$. Кроме того, когда отсчет на Венеру был закончен, отражающий экран передвигался таким образом, чтобы излучение Солнца проходило непосредственно в спектрометр. Поглощение водяным паром в атмосфере Земли над аэростатом составляло всего двадцатую часть поглощения в атмосфере Венеры.

Если нужны дополнительные доказательства того, что результаты опыта с Венерой соответствуют истине и не обусловлены действием водяного пара в атмосфере Земли и что все данные, за исключением двадцатой части, относящейся к поглощению водяным паром, обнаруженным во время февральского запуска, относятся к Венере, то можно указать на другие наблюдения, основанные на сравнении вычисленного и наблюдаемого доплеровского смещения в линиях поглощения, обусловленного движением Венеры относительно Земли. Пламмер заметил, что в процессе сканирования три щели нашего спектрометра проходят через длину волны эмиссионной линии ртути (11,287 Å или 1,1287 мк). Это дало ему возможность использовать для сравнения ртутную лампу. Он закрыл две из трех щелей. К концу каждого сканирования через третью щель проходил свет эмиссионной линии ртути, который попадал на записывающее устройство, давая таким образом фиксированный стандарт, по которому можно измерить доплеровское смещение линий поглощения водяного пара. Вычисленное доплеровское смещение составляло 0,495 Å; измеренное же во время нашего февральского запуска, оно составляло $0,49 \text{ Å} \pm \pm 10\%$. При такой высокой сте-

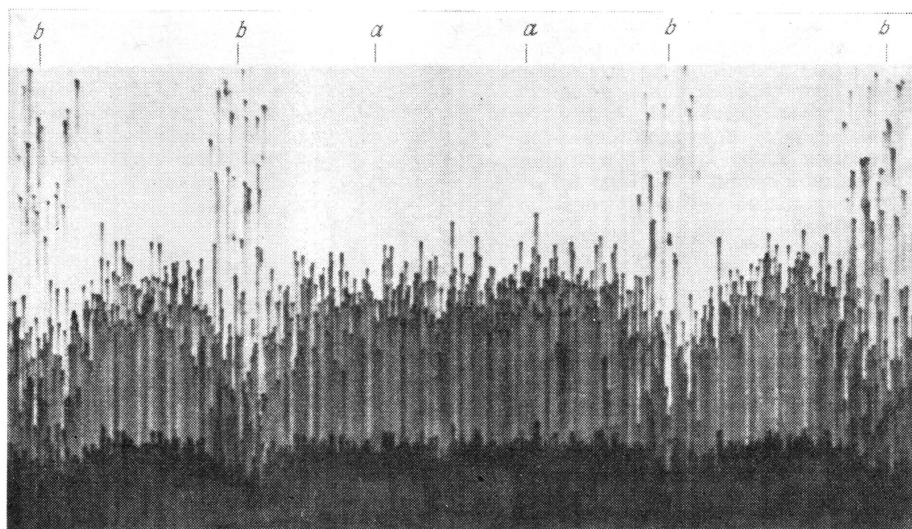


Входные щели спектрометра вырезаны в тонкой пластинке из нержавеющей стали. Всего в пластинке 23 щели, но две из них были закрыты во время февральского полета, с учетом, что через прилегающую к ним третью щель за время каждого сканирования должна была проходить калибровочная спектральная линия ртути

Водяной пар в атмосфере Венеры над закрывающим планету слоем облаков служит причиной образования впадин (под буквой *c*) на этой спектрограмме. Так же, как и нижний рисунок, соответствующий поглощению водяного пара в верхних слоях атмосферы, представленная здесь регистрограмма была получена во время запуска 21 февраля 1964 г., и глубокие впадины (под буквой *b*) представляют собой калибровку. Оба рисунка воспроизводят участки ленты с записями, сделанными за 30 секунд сканирования устройством с 21 щелью.



Поглощение инфракрасной радиации парами воды в верхних слоях земной атмосферы соответствует впадинам (под буквой *a*) в регистрограмме, полученной с помощью спектрометра университета Джона Гопкинса. Темные, серые и светлые участки на чувствительной ленте соответствуют трем градациям чувствительности прибора. Инфракрасный спектр, записанный здесь, представляет собой излучение, пришедшее непосредственно от Солнца. Щель, прерывающая изображение у входа спектроскопа, вращается со скоростью 26 оборотов в секунду, так что излучение, появившееся из многочисленных выходных щелей, достигает фотумножителя в виде серии отдельных импульсов, каждый из которых после усиления управляет тремя зеркальными гальванометрами. Глубокие впадины (под буквой *b*) определяют место узкой спектральной линии светового источника, используемого для калибровки.



пении совпадения независимых результатов можно не ставить под сомнение точность других спектрометрических наблюдений.

После того как февральский запуск был успешно завершен, следующей задачей, которую должны были выполнить наши приборы, была попытка определить природу облаков в атмосфере Венеры. Имеет ли наблюдавшийся нами слой облаков обычный состав, содержащий воду? Или это, возможно, лед,

пыль или даже комплекс полимеризованных органических молекул? Конструкция нашего телескопа и особенно некоторые усовершенствования в нем давали возможность попытаться ответить на этот вопрос.

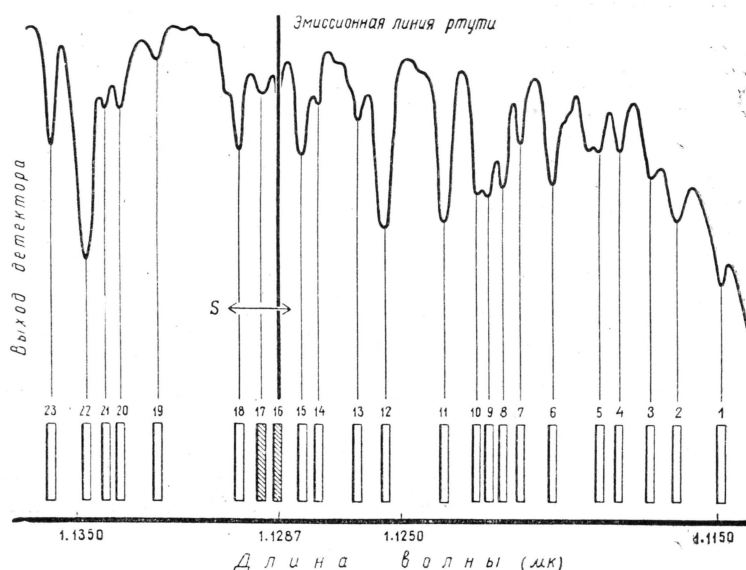
Чтобы подвергнуть исследованию облака Венеры, нам необходимо было расширить область измерений инфракрасного излучения до 3,5 мк. Корректирующая кварцевая пластинка нашего телескопа, однако, была не-

прозрачна для длин волн ниже 3 мк. По разработке Е. В. Сильвертуфа из Кастом Инструментс Инк была создана новая корректирующая система, содержащая зеркала и, следовательно, эффективная для инфракрасного излучения любой длины волны. Она предусматривала смещение на прежнее место пластинки Шмидта.

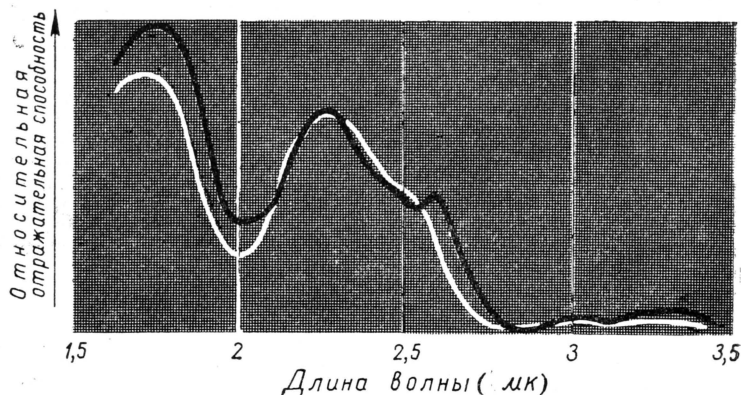
Мы запустили наш усовершенствованный инструмент 28 октября 1964 г. Помимо изменений, сделанных в конструкции телескопа, мы переделали спектрометр с тем, чтобы он мог дать нам спектр инфракрасного излучения облачного покрова Венеры. Была поставлена грубая дифракционная решетка, вместо использовавшейся во время февральского запуска, что позволило получить более широкую область спектра. Три детектора были смонтированы вместе и работали как три независимых щели. Дифракционная решетка поворачивалась взад и вперед так, чтобы спектральные линии пересекали детектор. Таким образом мы получили спектрограммы инфракрасной радиации с длиной волны от 1,7 до 3,4 мк одновременно во всех трех детекторах.

На высоте 26 200 м приборы автоматического контроля и слежения, соединенные с телескопом, нацелили его на Венеру, после чего в течение более трех часов проводилось наблюдение планеты. Спектрометр не только сканировал инфракрасный спектр Венеры, но также провел сравнительное сканирование солнечного спектра. Это дало возможность нам впоследствии определить спектральные характеристики планеты.

Такой спектр длин волн представлен в виде кривой, пик которой соответствуют тем длинам волн, отраженных от Венеры, интенсивность которых наибольшая. Мы попытались сравнить эту кривую со схожими спектрами отражения, полученными в нашей лаборатории Рудольфом Зандером. Сюда вошли спектры кремнивого песка, жидкого формальдегида, нефти, жидкой воды, льда, твердой двуокиси углерода, облака замороженного льда, обычной изморози, облака водяного пара и облака ледяных кристаллов. На рисунке (стр. 34, внизу) видно, что кривая для Ве-



Лабораторная запись спектра поглощения водяного пара для инфракрасной области между 1,135 и 1,15 мк сопоставлена с положением выходных щелей спектрометра. Такая многочисленность щелей во много раз увеличивает количество энергии, которая достигает детектора. Стрелка указывает величину сдвига щелей при сканировании



То, что облака Венеры состоят из ледяных кристаллов, было обнаружено во время полета 28 октября 1964 г. Отсчеты спектрометра соответствуют области от 1,7 до 3,4 мк (белая кривая). При сравнении этой кривой с рядом полученных в лаборатории кривых, соответствующих различным материалам, было обнаружено, что наиболее близко совпадающей оказалась кривая, соответствующая облаку ледяных кристаллов (черная кривая). Если для кривой, соответствующей спектру Венеры, учесть поглощение водяного пара в области 1,8 мк, и двуокиси углерода в области 2 мк, то совпадение этих двух кривых увеличится еще больше

неры близко совпадает с отраженным спектром облака ледяных кристаллов. Другие отраженные спектры не совпадают с кривой для Венеры. Это приводит к неизбежному выводу: отражающий облачный покров Венеры состоит из кристаллов льда. Сказанное хорошо согласуется с нашим обнаружением линий поглощения, соответствующих водяному пару над облачным покровом.

Сейчас мы работаем над конструкцией нового инфракрасного телескопа с 48-дюймовым отверстием, в четыре раза большего, чем существующий инструмент. Мы собираемся использовать этот телескоп для подъема на аэростате, но не видим причины, почему инфракрасные исследования должны проводиться только в верхней атмосфере. Обсерватории, расположенные высоко в горах, уже внесли свой вклад в разрешение этой проблемы. Например, мой коллега Уильям Спиттон и я провели в 1952 г. точное исследование инфракрасного излучения Луны, Марса и Венеры с помощью 200-дюймового телескопа, установленного на горе Паломар. Принципиальная трудность здесь заключается в том, что существующие горные обсерватории расположены недостаточно высоко, и к тому же там недостаточно холодно. Инфракрасное исследование холодных объектов, таких, как темная часть Луны, а также Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна, проводить чрезвычайно трудно, потому что приходится наблюдать через собственную горячую атмосферу Земли. Совершенно естественно, что для проведения специальных короткосрочных наблюдений с относительно несложными приборами, к примеру такими, как конструируемый нами сейчас 48-дюймовый телескоп, эти приборы могли бы быть установлены достаточно высоко в горах, где помехи, связанные с разогревом воздуха, будут сведены к минимуму.

Существует ряд проектов использования искусственных спутников Земли для проведения инфракрасных исследований. Наиболее интересны те, которые предусматривают длительные наблюдения, например систематический инфракрасный обзор всей небесной сферы. Можно определенно утверждать, что это поможет открыть множество неизвестных небесных объектов.



САМЫЕ ДАЛЕКИЕ ОБЪЕКТЫ ВСЕЛЕННОЙ

Новый каталог, показывающий точное положение более 400 радиоизлучающих астрономических объектов всех типов, составлен в Национальной обсерватории Грин Бэнк (США) наблюдателями Айвеном Полинью-Тотом, Кемпбеллом М. Уэйдом и Д. С. Хишеном. В каталоге представлены результаты более чем годичных наблюдений, предпринятых с 90-метровым радиотелескопом этой обсерватории.

Инструмент может быть направлен только вдоль линии север-юг. По мере видимого движения радиоисточника по небосводу он проходит через небесный меридиан и его радиоизлучение регистрируется. Зная наклон телескопа и время, когда радиосигнал достигает максимума, можно определять положение его источника с возможной ошибкой, не превышающей всего 15" дуги.

Имея в распоряжении эти данные, сотрудники обсерватории Маунт Вилсон и Маунт Паломар (Калифорния) Аллан Р. Сэндейдж и Филипп Верон просмотрели фотопластинки, заснятые с помощью 48-дюймового телескопа Шмидта, принадлежащего этой обсерватории. На пластинках зарегистрировано излучение небесных объектов в синей и в красной областях спектра.

Основная цель работы — идентификация точечных радиоисточников с оптическими объектами, что может увеличить число самых ярких и наиболее удаленных объектов Вселенной, так называемых квазаров. До составления нового каталога менее 15 объектов были с уверенностью определены как квазары по их виду на фотопластинках. С помощью каталога число установленных квазаров сразу же удалось увеличить до 60, и предполагают, что до 30% всех открытых радиоисточников, возможно, являются квазарами.

Обнаружив объект, положение которого и сильное излучение в

синей части спектра позволяет подозревать в нем квазар, Сэндейдж производил фотозлектрические наблюдения с 200-дюймовым рефлектором, чтобы установить наличие сильного ультрафиолетового излучения, характерного для этих объектов. Затем регистрировался полный спектр, чтобы проверить, существует ли в нем красное смещение, указывающее на удаление объекта. Несмотря на значительную истинную яркость свечения «квазаров», они настолько удалены, что видны слабыми звездочками. Только у четырех из них в спектрах удалось с несомненностью установить «красное смещение».

Используя метод двукратной выдержки на одной пластинке — одной в ультрафиолетовой, а другой (со сдвигом) в желтой части спектра, — удалось обнаружить несколько объектов, подобных квазарам по своему сильному ультрафиолетовому излучению, но не совпадающих ни с одним из известных радиоисточников. Полагают, что эти «молчаливые квазары» находятся в стадии, когда их радиоизлучение или еще не началось, или прошло свой максимум. Сэндейдж высказывает предположение, что это особый вид звезд, находящихся во внешних областях нашей Галактики. Оптические наблюдения с целью проверки новой гипотезы продолжаются.

«Scientific American»,
12, № 3, 1965, 54—56.



В дореволюционной России крестьяне считали, что появление Сириуса перед восходом Солнца означает начало созревания хлебов и поэтому называли Сириус Зорицей. «Зорица хлеб зорит: когда хлебу зреть, так она и взойдет».

Правильна ли эта примета?
(Ответ на стр. 81)

На какой географической широте и в каком месяце Большая Медведица касается «своим хвостом» горизонта в полночь? Склонение конечной звезды хвоста Большой Медведицы равно +49°49'.

(Ответ на стр. 93)

УЧЕНЫЕ СЛЕДЯТ ЗА ПУЛЬСОМ ЗЕМЛИ

Н. С. БЛАГОВОЛИН,
кандидат географических наук

Немногим более 100 лет назад, в декабре 1861 г., после сильного землетрясения внезапно опустилась под воды озера Байкал так называемая Цаганская степь — обширный участок берега площадью около 190 км². Под воду ушли бурятские улусы, сенокосы и другие угодья. По рассказам очевидцев, вода шла из озера как бы стеной: в течение одного дня образовался залив Провал, который можно видеть на современных картах озера. Сейчас его глубина достигает трех метров.

События такого масштаба довольно редки, но не исключительны. В декабре 1957 г. в Монгольской Народной Республике произошло 11—12-балльное землетрясение, которое, к счастью, наиболее сильно захватило гористые малонаселенные районы Гобийского Алтая. Оно сопровождалось грандиозными обвалами, крупными горизонтальными и вертикальными перемещениями значительных участков земной поверхности. Образовались значительные разломы, общая длина которых составляет 850 км. Самый большой из них, разлом Богдо, тянется на 265 км. Трещины в приразломной зоне иногда имели глубину 40—60 м и больше, особенно в скальных породах.

ТИПЫ ДВИЖЕНИЙ И ИХ «ВОЗРАСТ»

Такого рода внезапные, нередко катастрофические изменения земной поверхности, чаще всего связанные с землетрясениями, принято называть **быстрыми** (сейсмическими) движениями земной коры. Они характерны для орогенических (горообразовательных) областей Земли. Недавние события в Чили и Югославии свежи в нашей памяти.

По сравнению с такими районами, остальные территории нередко считаются абсолютно неподвижными, устойчивыми, как, напри-

мер, Русская равнина, Западно-Сибирская низменность и другие равнинные страны. Но эта неподвижность лишь кажущаяся: исследованиями в различных странах установлено, что земная кора и вся поверхность Земли испытывают постоянные колебания разного знака и амплитуды. Такую разновидность современных движений земной коры называют **медленными** или **вековыми**.

Как известно, различного рода движения земной коры происходили на протяжении всей долгой истории Земли. Где же находится нижний временной предел тех движений, которые мы называем современными? Действительно, тектоника, вернее тектонические движения всегда играли основную роль в создании крупных форм рельефа Земли. Однако тектонические структуры древних этапов развития Земли (архей, протерозой, палеозой, мезозой), чаще всего, не выражены или плохо выражены в современном рельефе, так как созданные ими формы земной поверхности были разрушены. Древняя тектоника читается в летописи Земли по деформациям пластов горных пород, по их мощности и составу.

Тектонический этап в истории Земли, отвечающий неоген-четвертичному времени (25—30 млн. лет) принято называть **неотектоническим**, а движения земной коры этого этапа, в результате которых образовались основные формы современного рельефа земной поверхности, — **неотектоникой**. Неотектоника изучается не только по разрезам горных пород, но и по геоморфологическим признакам ее проявления: по деформации древних выровненных поверхностей, речных террас и т. д.

Современные тектонические движения (как быстрые, сейсмические, так и медленные, вековые) образуют как бы верхний этаж неотектоники. В настоящее время к современным движениям принято относить тектонические проявления, установленные и количественно охарактеризованные историко-археологическим и инструментальным (чаще всего, повторным нивелированием) методами. Таким образом, они охватывают период времени в 1000—2000 лет (по данным археологии), а инструментальные данные характеризуют тектонические движения за последние 50—100 лет.

О существовании движений земной коры было известно еще в глубокой древности. Однако систематические наблюдения над веко-

выми движениями ведутся около 200 лет, с тех пор, как шведский астроном А. Цельсий в 1731 г. первым подметил прогрессирующее поднятие берегов Фенноскандии и предложил нанести на прибрежных скалах специальные метки. До недавнего времени мы располагали результатами лишь единичных, разрозненных наблюдений. Но в последние десятилетия как в нашей стране, так и за рубежом организовано систематическое инструментальное изучение современных тектонических движений, причем непрерывно совершенствуются методы исследований и повышается их точность. Наряду с вертикальными движениями земной коры сейчас успешно изучаются и горизонтальные перемещения отдельных участков земной поверхности.

ВЕКОВЫЕ ДВИЖЕНИЯ, ИХ СКОРОСТИ И ГРАДИЕНТЫ

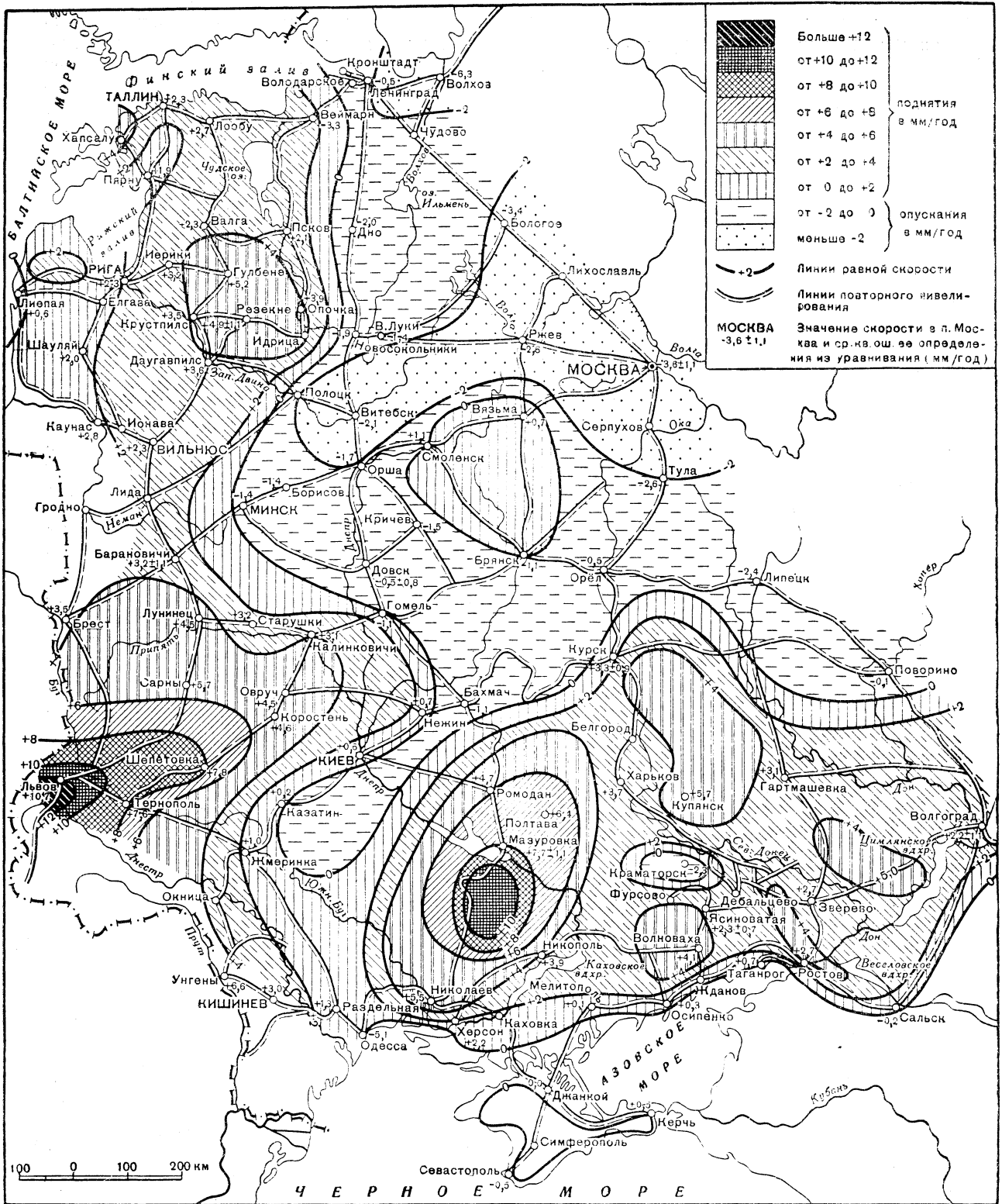
Основным инструментальным методом изучения вековых вертикальных движений земной коры остается повторное нивелирование, т. е. повторное, через определенные сроки, определение относительных высот одних и тех же, строго фиксированных точек местности. Чаще всего повторное нивелирование проводится вдоль линий железных дорог.

За последние 10—15 лет накопилось достаточное количество данных по повторным нивелировкам для того, чтобы обобщить полученные результаты. В 1958 г. советские ученые составили первую сводную карту скоростей современных тектонических движений западной половины Европейской части СССР. Эта карта основана на анализе линий повторного нивелирования общей протяженностью около 25 000 км. Интересно указать, что сейчас на территории СССР длина линий повторного нивелирования составляет более 70 000 км.

Даже при первом взгляде на карту видно, что она охватывает в основном равнинные территории и лишь на юго-западе включает небольшой участок Карпат. Скорости современных вертикальных движений на Русской равнине, как правило, не превышают 6—8 мм в год (мм/г), и только в районе центральной части Украинского кристаллического щита скорость поднятий возрастает до 10 мм/г. Можно видеть, что, в общем, западная и южная части изученной территории испытывают медленное поднятие, а центральная и северо-

восточная части — слабое опускание. Резко выделяется горный участок Карпат, где скорость современного поднятия превышает 12 мм/г. Это максимальная скорость современных вертикальных движений в пределах Европейской части СССР. Однако на Кавказе, в предгорьях Малого Кавказа и в западном Азербайджане, обнаружены еще большие скорости поднятия — до 16 мм/г (Дашюзский хребет), а отдельные блоки земной коры поднимаются со скоростью 25 и 30 мм/г. Эти скорости пока можно считать предельными. Правда, наши сведения о скоростях современных тектонических движений в горных странах пока еще ограничены, и в этом направлении предстоит большая работа. Интересно, что близкие к приведенным выше скорости современных поднятий и опусканий (в пределах ± 10 мм/г) получены по данным повторного нивелирования в США, Канаде, Финляндии, Великобритании, Италии, Польше, Венгрии, Болгарии, Чехословакии и других странах.

Говоря о распространении и скоростях современных тектонических движений, нельзя не упомянуть об их градиентах. Градиентом скорости современных вертикальных движений мы называем величину изменения скорости поднятия или опускания при переходе от одного участка земной поверхности к другому. Все расчеты, разумеется, приводятся для определенного интервала времени. При исследованиях выяснились довольно четкие закономерности: прежде всего, разная величина участков современного поднятия и опускания в платформенных и орогенических областях. На платформах, в тектонических относительно спокойных районах, градиенты невелики и переход от участков современных поднятий к участкам современных опусканий совершается очень постепенно. Это хорошо видно и на карте. Для орогенических областей характерны резкие переходы между участками движений различного знака, да и сами участки имеют значительно меньшую площадь. По исследованиям советских ученых Ю. А. Мещерякова и Д. А. Лилиенберга, ныне известные максимальные градиенты скоростей современных тектонических движений обнаружены на территории города Скопле (Югославия), трагическая судьба которого в связи с катастрофическим землетрясением 1963 г. всемирно известна. В районе Скопле знак вертикальных движений, по данным нивелировок, меняется всего лишь на

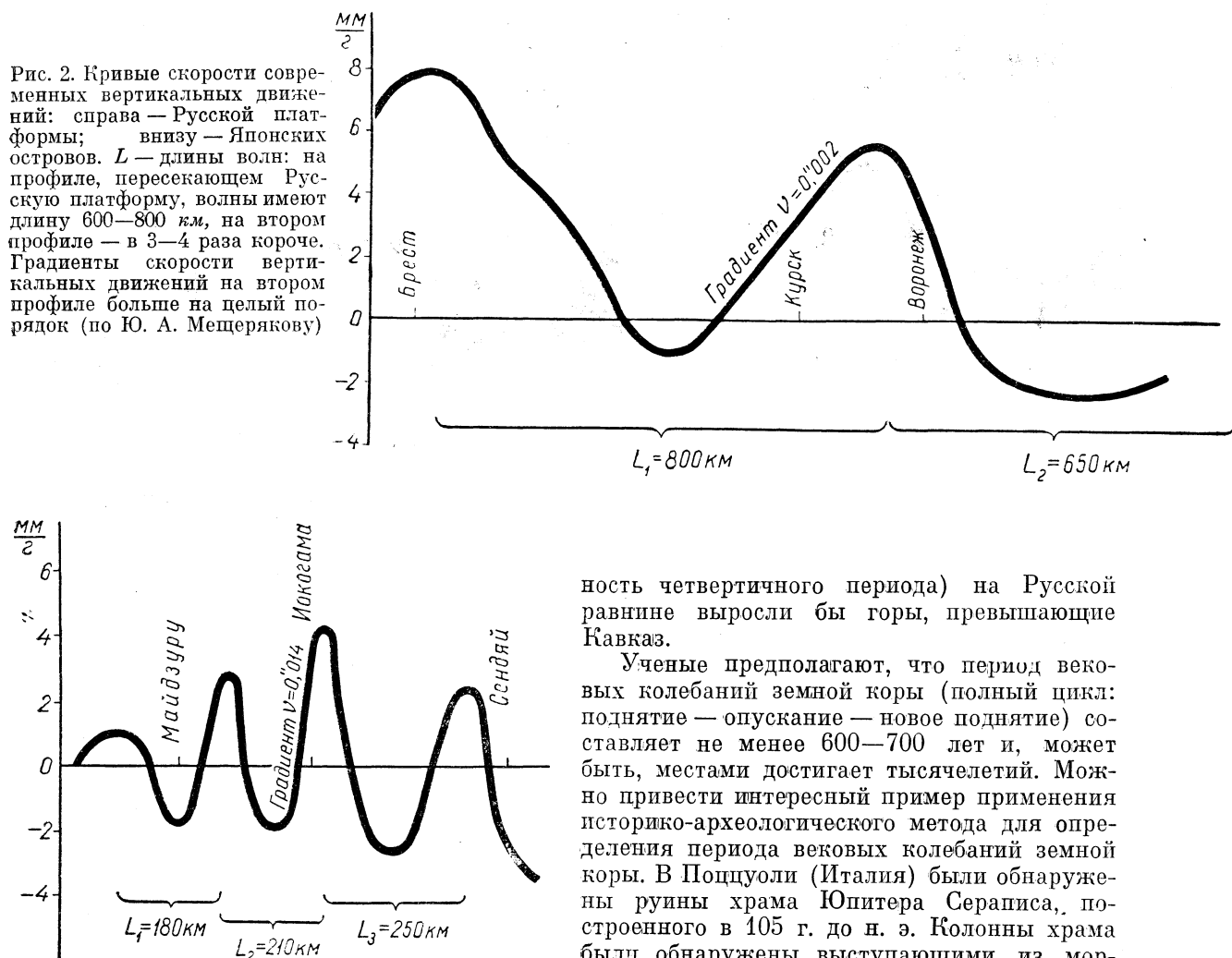


расстоянии первых километров, а иногда даже сотен метров. Иными словами, величина градиента скорости современных вертикальных движений в орогенических областях на порядок выше, чем на платформах, а в активных сейсмических областях достигает максимума.

НА ЗЕМЛЕ НЕТ НЕПОДВИЖНЫХ УЧАСТКОВ

Основное свойство современных движений земной коры — их повсеместность: на поверхности Земли, строго говоря, нет неподвижных

участков. Вторая, не менее важная особенность — колебательный характер вертикальных движений, попеременное чередование эпох преобладающих поднятий или опусканий. Поэтому полученные в результате повторных нивелировок скорости движений за последние десятки лет нельзя распространять на более или менее длительные отрезки геологической истории. Действительно, при скорости, скажем, в 5 мм/г, при сохранении современного знака и темпа движений, за 0,6—1,0 млн. лет (примерная продолжитель-



ность четвертичного периода) на Русской равнине выросли бы горы, превышающие Кавказ.

Ученые предполагают, что период вековых колебаний земной коры (полный цикл: поднятие — опускание — новое поднятие) составляет не менее 600—700 лет и, может быть, местами достигает тысячелетий. Можно привести интересный пример применения историко-археологического метода для определения периода вековых колебаний земной коры. В Поццуоли (Италия) были обнаружены руины храма Юпитера Сераписа, построенного в 105 г. до н. э. Колонны храма были обнаружены выступающими из морских наносов у самого берега моря в 1749 г. При последующих раскопках выяснилось, что в средней части, до высоты 6,3 м от основания, колонны несут следы истачивания морскими сверлящими моллюсками, обнаружены даже раковины в просверленных отвер-



Рис. 3. Вокзал в г. Скопье, разрушенный землетрясением. Вокзальные часы зафиксировали момент первого толчка — 5 часов 17 минут

ствиях — неоспоримое доказательство того, что участок суши, на котором расположен храм, опустился ниже уровня моря, а затем поднялся. Итальянские ученые установили такую последовательность событий: поднятие со времени постройки до IV века н. э.; опускание от IV до XVI века; поднятие в 1538 г., совпавшее с оживленной деятельностью вулкана Монте-Нуова; новое опускание с начала XIX века со скоростью около 7—10 мм/г. Опускание продолжается до настоящего времени, поскольку сейчас основание колонн находится почти на 2 м ниже уровня моря.

Таким образом, полный период колебаний земной коры здесь составляет около 2000 лет. На вековые колебательные движения, сохраняющие знак и примерно одну и ту же скорость на протяжении сотен и пер-

вых тысяч лет, накладываются короткопериодические колебания. Последние, как показал опыт, взаимно погашаются в течение 20—30 лет: этот период, следовательно, наиболее удобен для повторного нивелирования.

ПОЧЕМУ ДЫШИТ ЗЕМНАЯ КОРА?

Причины современных тектонических движений до сих пор окончательно не установлены. Вековые движения земной коры несомненно обусловлены тектоническими причинами — процессами в земной коре и более глубоких слоях Земли. Однако выдвинутые ранее тектонические гипотезы контракции*,

* Гипотеза контракции предполагает прогрессирующее сжатие подкорковых масс Земли вследствие ее охлаждения. Земная кора вынуждена приспособливаться к сокращающемуся ядру Земли и уменьшать свою площадь. Колебательные движения, согласно этой гипотезе, возникают в результате коробления земной коры.

изостазии* и некоторые другие не могли достаточно убедительно объяснить характер колебательных движений, особенно причины их обратимости. В последние десятилетия все более укрепляется мнение, что колебательные движения земной коры обусловлены процессами сжатия и расширения подкорового вещества. На современном уровне развития наук о Земле можно считать, что в основе этих процессов лежат фазовые** полиморфные***, возможно, электронные превращения и химические реакции в подкоровом веществе.

Эти процессы вызывают сжатие и расширение определенных объемов вещества оболочки Земли и образование основных геоструктурных элементов земной коры: глубинных разломов, прогибов и поднятий на платформах, геосинклинальных прогибов и склад-

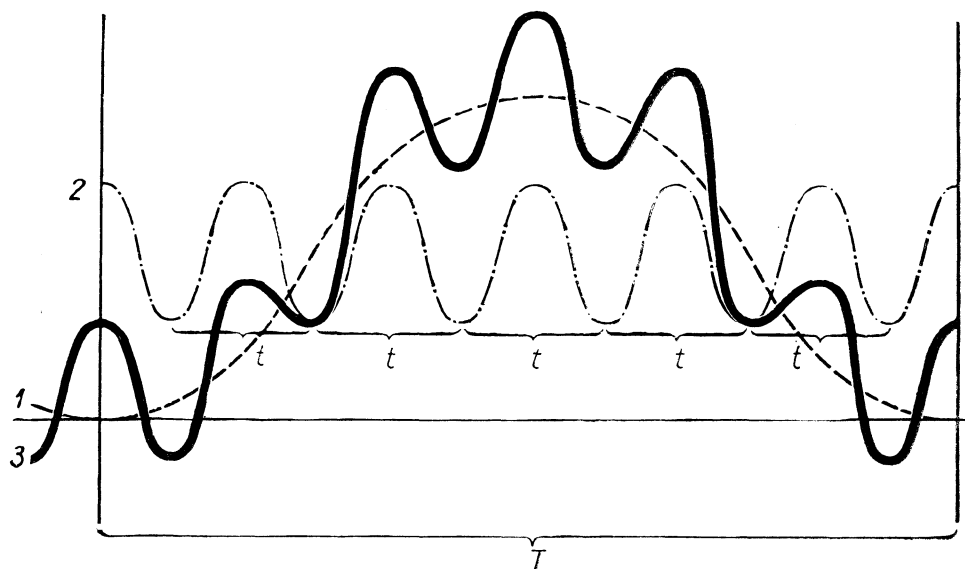
чатых горных сооружений, магматических очагов на глубине и т. д. Этими же процессами обусловлено распределение на земной поверхности зон преобладающих опусканий или поднятий и, соответственно, смена знака движений на той или иной территории после определенного времени.

Геофизическими исследованиями установлено, что «корни» колебательных движений крупных зон земной коры, а также «фундамент» важнейших геоструктурных элементов земной поверхности находятся на глубине от 50 до 200—300 км и более, в верхней части оболочки Земли, в так называемой верхней мантии.

Одним из доказательств тектонической природы современных движений служит их довольно частая согласованность с геоструктурными и орографическими элементами.

Рис. 4. Схема, показывающая наложение движений земной коры различных периодов:

1 — кривая вековых колебаний земной коры с периодом около тысячи лет; 2 — кривая короткопериодических колебаний с периодом в несколько десятков лет; 3 — суммарная кривая; t — периоды колебаний низших порядков; T — период вековых колебаний



* Гипотеза изостазии предполагает, что вертикальные перемещения отдельных блоков земной коры обусловлены изменением их веса в результате разрушения гор, накопления осадков в прогибах, оледенения или таяния ледников и т. д.

** Фазовые превращения — переход вещества из одного состояния в другое, например, из кристаллического в изотропное (аморфное, жидкое, газообразное).

*** Полиморфные превращения — переход вещества из одной кристаллической модификации в другую.

Было проведено сопоставление ареалов современных поднятий и опусканий с геологическими структурами. Выяснилось, что прямая зависимость существует на 70% территории западной половины Европейской части СССР. Иными словами, большая часть положительных тектонических структур испытывает в настоящее время поднятия, а в пределах отрицательных структур преобладают опускания. Даже при общем колебательном характере современных движений, когда на протяжении отрезков времени в тысячи и

миллионы лет на одной и той же территории многократно меняется знак движений, результирующая прямая большинства положительных геоструктур все же направлена вверх, отрицательных — вниз.

ЗАЧЕМ, ГДЕ И КАК ИЗУЧАЮТ СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ?

Изучение современных тектонических движений земной коры важно не только для решения теоретических вопросов геофизики и геологии. Оно имеет непосредственное и очень большое практическое значение, особенно при оценке территорий, предназначенных для строительства портов, гидроэлектростанций, плотин, водохранилищ, при проектировании каналов, оросительных и дренажных систем.

Игнорирование современных движений может привести к серьезным инженерным просчетам. Так случилось, например, в Калифорнии (США), где в годы второй мировой войны была построена крупная верфь, сооружение которой обошлось в 170 млн. долларов. Участок побережья в районе строительства, как выяснилось позднее, опускается со скоростью до 300 мм/г, и верфь вскоре оказалась под угрозой затопления. Пришлось принимать срочные и дорогостоящие меры защиты: строить специальную дамбу, которую к тому же надо постоянно наращивать.

При огромном размахе строительных работ в нашей стране изучение современных тектонических движений становится не только важным, но и необходимым делом. Разработка таких грандиозных и смелых проектов, как проект переброски вод северных рек Европейской части СССР в южные засушливые районы требует хорошего знания направленности и скоростей современных движений на большой территории.

Большое внимание в последние годы уделяется развитию орошения обширных территорий на юге СССР. Почвы и грунтовые воды орошаемых районов часто засолены, и необходим точный расчет норм полива и глубины дренажа, чтобы не вызвать вторичного засоления почв в результате подъема уровня грунтовых вод. В этих условиях исключительно важен учет направленности и скоростей современных тектонических движений, которые во многом определяют колебания уровня грунтовых вод. Все больший интерес к современной тектонике проявляют геологи-

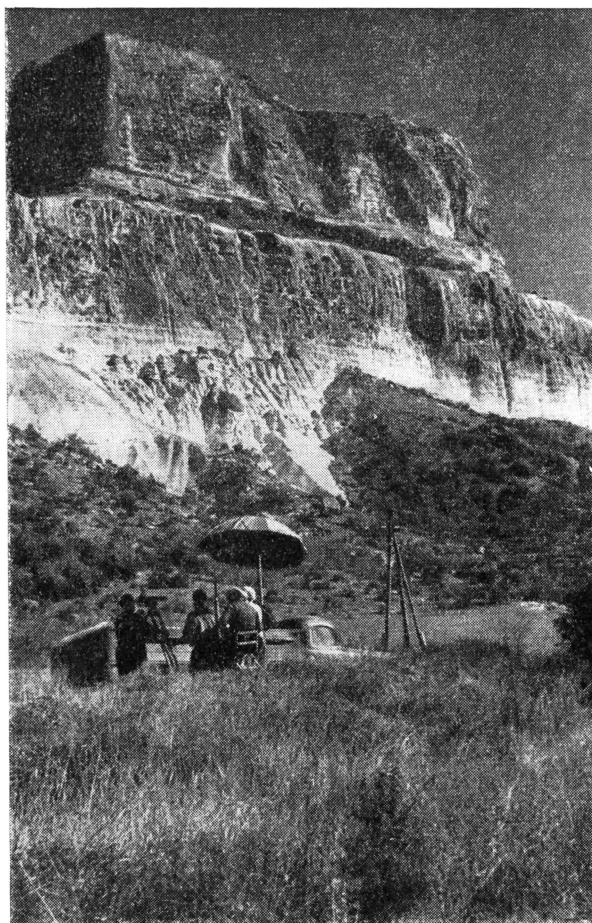


Рис. 5. Нивелирные работы на Крымском геофизической полигоне в каньоне реки Бельбек

нефтяники, так как карта современных движений помогает им планировать поиски нефте- и газоносных структур.

Особое значение имеет изучение современных тектонических движений в сейсмических районах. Ниже мы расскажем об интересных результатах исследований советских ученых в районе Скопле.

Сейчас специальные работы по изучению современных движений земной коры организованы во многих странах. В последние 10 лет достигнуты особенно большие успехи в нашей стране, благодаря чему советские ученые предложили эту проблему в качестве важной задачи международных исследований. В 1960 г. по инициативе советских

ученых была создана постоянная международная комиссия по современным движениям земной коры (в составе Международного геодезического и геофизического союза — МГГС). Президент комиссии — доктор географических наук Ю. А. Мещеряков. В 1962 г. в Лейпциге (ГДР) комиссией был проведен Первый международный симпозиум по современным движениям земной коры. В августе 1965 г. состоялся Второй международный симпозиум, который происходил в Ауланко (Финляндия). К этому симпозиуму советские ученые подготовили доклад о составлении карты современных движений земной коры Восточной Европы.

В Советском Союзе изучение современных движений земной коры ведется планомерно, комплексно, по унифицированной программе и в весьма широких масштабах. Все работы координируются Межведомственным геофизическим комитетом при Президиуме Академии наук СССР. Исследования ведутся в трех основных направлениях: во-первых, составление сводных карт современных движений больших территорий, что дает возможность широких сопоставлений геодезических, геофизических и геолого-геоморфологических данных и пространственное представление о проявлении движений; во-вто-

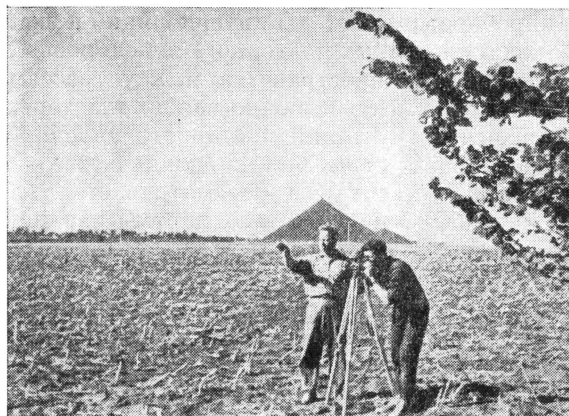


Рис. 7. Донбасс — район довольно интенсивных современных движений земной коры. Геодезистам пришлось здесь немало поработать

рых, исследования на специальных комплексных полигонах с целью систематического наблюдения за ходом движений земной коры в различных тектонических зонах СССР; в-третьих, выявление современных движений земной коры в районах крупного промышленного, городского и гидротехнического строительства, в сейсмоактивных районах, в районах поисков нефти, газа и других полезных ископаемых.

Расскажем о некоторых, наиболее крупных работах.

Рис. 6. Геофизические измерения на кратере Авачинской сопки на Камчатке. На втором плане — Корякская сопка



Первая сводная карта современных тектонических движений земной коры, опубликованная в 1958 г., охватывала лишь западную половину Европейской части СССР. За последние 8—10 лет накопился обильный материал повторного нивелирования в восточной и северной частях Европейской территории Союза, что позволило начать подготовку к составлению сводной карты современных вертикальных движений земной коры всей Европейской части СССР. В ходе подготовки к этой работе предложены

и апробированы методы интерполяции и экстраполяции данных повторного нивелирования на обширные пространства между трассами нивелировок. Это особенно важно для территорий, где сеть линий повторного нивелирования гораздо реже, чем на западе и юге. Составление этой карты рассматривается как часть работы по созданию карты современ-

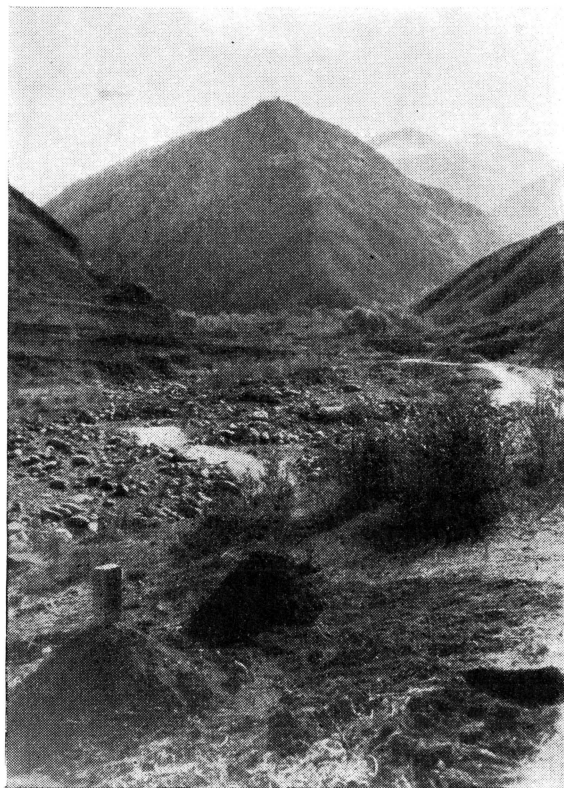


Рис. 8. Чтобы репер сохранялся в течение многих десятилетий, его закладывают на глубину двух метров. Место закладки отмечено бетонным «сторожком». На фотографии виден такой «сторожок» на Талгарском полигоне в хребте Запильский Алатау

ных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. Постановка этой большой и сложной задачи стала возможна благодаря большим успехам в изучении современных тектонических движений в европейских странах народной демократии.

Вторая проблема — комплексное изучение современных движений земной коры на спе-

циальных геофизических полигонах, расположенных в различных тектонических зонах СССР. Самым «старым» можно считать полигон в районе озера Баскунчак, где повторное инструментальное изучение современных движений проводится начиная с 1951 г. и дало очень интересные в методическом отношении результаты. Ценность исследований на полигонах заключается в их комплексности: современные движения изучаются разными методами, что позволяет проводить взаимный контроль результатов. Одновременно проводятся геологические и геофизические исследования структуры и глубинного строения земной коры. Становится возможным установить зависимость между глубинными процессами, строением земной коры и проявлениями их на поверхности Земли в виде современных вертикальных и горизонтальных деформаций. Наиболее комплексным можно считать Крымский геофизический полигон, организованный в 1962 г. В последние годы создан ряд полигонов в Азиатской части СССР: Ашхабадский, Гармский, Армянский, Камчатский. Запланировано создать также геофизические полигоны на Кольском полуострове, в Карпатах, на Урале, на Кавказе и в районе озера Байкал.

О ГРОЗЯЩЕЙ ОПАСНОСТИ МОЖНО ПРЕДУПРЕДИТЬ

Теоретически весьма вероятно, что медленные и быстрые движения земной коры тесно связаны между собой. Можно предполагать, что землетрясения подвержены зоны наиболее интенсивных, контрастных вековых движений, причем сейсмическим толчком как бы освобождается запас напряжений, накопившихся в земной коре. Советскими учеными в течение ряда лет проводятся исследования в сейсмоактивных районах (Кавказ, Средняя Азия).

Накопленный методический опыт послужил основой для проведения детальных работ в районе катастрофического землетрясения в Скопле (Югославия). Советские ученые Ю. А. Мещеряков и Д. А. Лилиенберг, приглашенные для изучения неотектоники и современных тектонических движений в Скопле, установили, что за период между первым (1937 г.) и повторным (1963 г.) нивелированием здесь произошли интенсивные вертикальные движения, преимущественно опускания. Однако средние годовые скорости и здесь

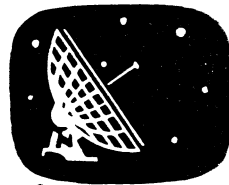
оказались относительно небольшими (максимум 7 мм/г). Основной особенностью этого района нужно считать резко дифференцированный характер движений и изменение на коротком расстоянии не только скорости, но и знака движений. Так, на сравнительно небольшой территории площадью около 40 км² (8 × 5 км) обнаружено свыше 20 участков относительного поднятия и относительного опускания: средняя площадь участка разнонаправленных движений составила менее 2 км². Это явление, видимо, отражает исключительно дробную, блоковую тектонику земной коры в этом районе. Градиенты современных вертикальных движений составляют от 5 до 25 мм на 100 м.

Выяснено также, что горизонтальные смещения за период 1959—1963 гг. составили в среднем 40—60 мм (максимум 100—150 мм). Их скорости меняются от 10—15 до 30—40 мм/г.

Самым интересным и практически важным выводом можно считать установление удивительного совпадения контура максимальных разрушений при землетрясениях с участком, где градиенты вековых движений превышают 5 мм на 100 м. Ю. А. Мецераков, изучавший современные движения земной коры в районе Скопле, считает **медленные деформации** земной коры основным фактором, подготовившим землетрясение 1963 г. в этом районе. Таким образом, намечается возможность при достаточно густой сети линий повторного нивелирования в сейсмически опасных районах наметить по градиентам современных вертикальных движений потенциальную зону эпицентра приближающегося землетрясения и принять соответствующие меры.

* * *

Изучение современных движений земной коры — «молодая» проблема, детальная разработка которой только начинается. Однако есть все основания считать, что уже в ближайшее время будут достигнуты новые успехи в этом важном и нужном деле. С каждым годом расширяются работы, улучшается методика исследований, применяются все более совершенные приборы, возрастает комплексность исследований. Большой интерес к этой проблеме, укрепление и расширение международного сотрудничества, служат залогом ее успешной разработки.



ГОРЯЧИЕ ПЯТНА НА ЛУНЕ

Уже давно ученых интересует вопрос о том, имеет ли Луна внутренние источники тепла и как они располагаются на ее поверхности. Для выяснения этого вопроса американские ученые Саари и Шортхилл организовали специальные наблюдения с 74-дюймовым рефлектором обсерватории Хелван (ОАР) во время полного лунного затмения 19 декабря 1964 г. В это время Луна не освещается Солнцем и можно, измеряя температуру ее поверхности в различных участках, выявить очаги повышенной температуры.

Измерения проводились в визуальных (видимых) лучах с фотоумножителем и в инфракрасных лучах с германиевым детектором. Проведено несколько серий измерений: до затмения, во время полутеневой фазы (когда на Луне наблюдалось бы частное солнечное затмение) и, наконец, во время полного затмения. Получено 12 фотометрических разрезов (сканирований) Луны.

В результате обработки наблюдений удалось обнаружить более 300 «горячих пятен» на Луне. Большинство из них совпадает по положению с молодыми кратерами, центрами систем светлых лучей. Так, в кратере Тихо температура во время полного затмения была 226° К, на 48° выше, чем на окружающей местности. «Горячие пятна» обнаружены также в морях Влажности, Спокойствия, Плодородия и (в меньшем количестве) в Океане Бурь, Море Дождей и Море Холода.

Наличие на Луне участков с повышенной температурой и их связь с молодыми кратерами были известны ученым и раньше, но в таком количестве они обнаружены впервые.

«Nature», 205, 1965,
964—965.

РИФТОВАЯ СИСТЕМА ЗЕМЛИ

А. В. ИЛЬИН,
кандидат географических наук

Словом рифт обозначают обычно глубокие трещины земной коры, ограниченные сбросами или разломами. Классический пример рифтовых образований — крупнейшие впадины Восточной Африки, заполненные глубокими озерами, среди которых особенно выделяются Танганьика и Ньяса. К этой же категории тектонических нарушений относится впадина озера Байкал.

В последние годы термин рифт в литературе о Земле встречается особенно часто. Это связано с новыми научными открытиями на дне океанов и морей. Примерно 10—15 лет назад исследовательские корабли, оборудованные эхолотами-самописцами, обнаружили в центральной части Срединно-Атлантического хребта глубокую депрессию, которая прослеживалась вдоль хребта на большие расстояния. Склоны этой своеобразной долины оказались крутыми, нередко обрывистыми. Ширина ее — несколько морских миль, а глубина «вреза» достигает 2000 м. Иногда вдоль гребня хребта вместо одной долины наблюдается серия более мелких углублений. По совокупности этих свойств, указывающих на тектонические движения сбросового типа, долины были названы рифтовыми.

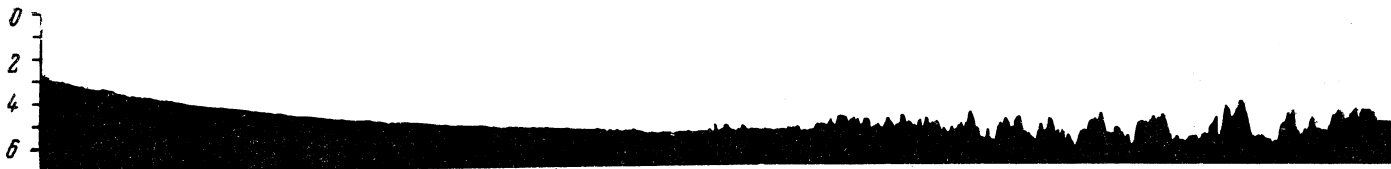
С тех пор на подобные формы рельефа стали обращать пристальное внимание. Оказалось, что они свойственны не только Срединно-Атлантическому хребту, но и многим другим горным хребтам на дне океана. Подводные хребты с центральной рифтовой долиной были обнаружены в Тихом и Индийском океанах. Однако наиболее интересным представляется то обстоятельство, что все

хребты, обладающие рифтовыми долинами, оказались тесно связанными друг с другом. Было замечено, что Срединно-Атлантическое поднятие имеет свое продолжение в Норвежском море и далее в Северном Ледовитом океане. На юге оно постепенно переходит в один из хребтов Индийского океана. В свою очередь, из Индийского океана рифтовый хребет проникает между Австралией и Антарктидой в Тихий океан и продолжается там сначала в виде Южно-Тихоокеанского, а затем — гигантского Восточно-Тихоокеанского поднятия.

Таким образом, рифтовые хребты океанского дна оказались связанными в единую горную систему, охватывающую значительную часть земного шара (рис. 1). Некоторые ветви этой системы прослеживаются на соседних материках. Так, из Индийского океана рифтовые хребты проникают в Красное море, на дне которого в последнее время также обнаружена рифтовая долина, а затем продолжают на материке в виде восточно-африканских разломов. Продолжение Восточно-Тихоокеанского поднятия обнаружено в Мексике.

Общая протяженность хребтов рифтовой системы составляет 60 000 км, т. е. в полтора раза превышает длину земного экватора. Площадь этой системы эквивалентна площади всех материков, вместе взятых. Эти цифры трудно укладываются в сознании. Для большинства из нас величайшими горными системами на Земле являются Анды или Гималаи. Но их величие меркнет по сравнению с грандиозностью масштабов горных систем дна океана.

Мы уже привыкли к цифре 71%, когда речь заходит об океане. Она говорит о том, что океаны покрывают почти три четверти поверхности Земного шара. Но реальное значение величия океанских просторов лучше всего постигается в сравнении с уже известными, привычными просторами суши. Это происходит потому, что у нас, по-видимому, еще недостаточно развит географический об-



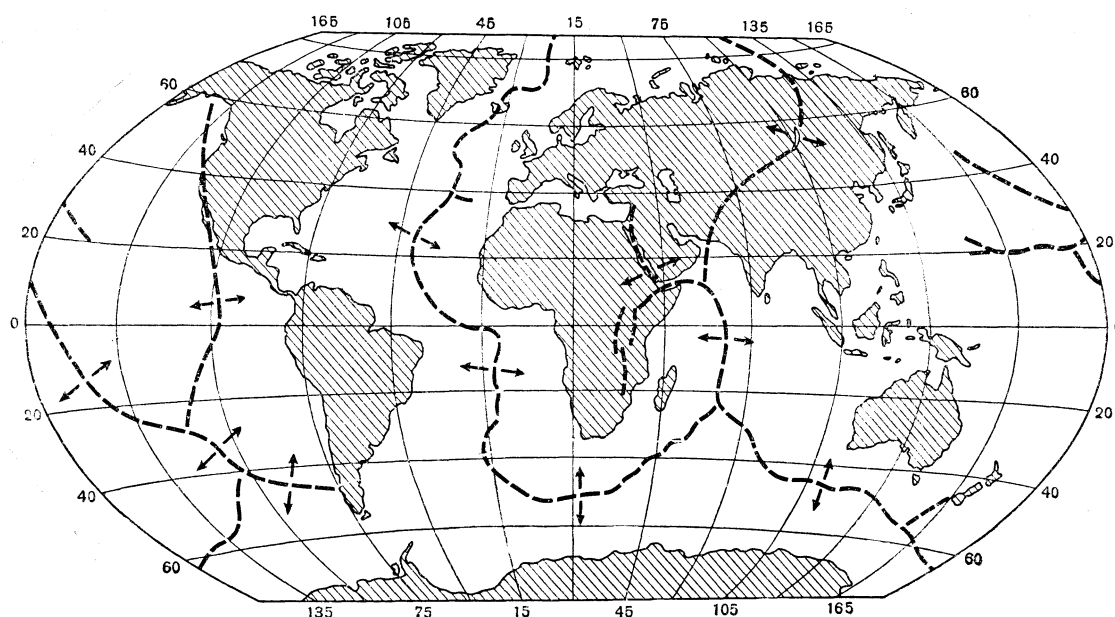


Рис. 1. Схема рифтовой системы Земли (по Гирдлеру)

раз мышления, который позволил бы охватить единым взглядом огромные пространства планеты. В самом деле, когда мы говорим, например, об Атлантическом океане, то нам, конечно, представляются безбрежные, необъятные просторы. Но не настолько необъятные, чтобы казаться в четыре-пять раз больше территории Советского Союза. Если брать примеры, ближе относящиеся к теме данной статьи, то можно сказать, что лишь одно звено рифтовой системы мира — Срединно-Атлантический хребет — по площади в полтора раза больше нашей страны. А наша страна — крупнейшая в мире и занимает, как известно, шестую часть материковых пространств планеты.

Такими фантастическими масштабами характеризуется рифтовая система Земли. По сути дела мы видим здесь новый комплекс своеобразных геологических структур, «подвешенных» между материками и глубоковод-

ными пространствами океанского дна. Это средний уровень поверхности литосферы. Поэтому среди особенностей рельефа Земли первого порядка рифтовая система должна стоять в первом ряду наравне с материками и океаническими впадинами.

Что же представляют собой горные хребты, слагающие рифтовую систему, каковы их свойства?

Прежде всего это сложно расчлененные горные массивы (рис. 2). Они поднимаются над окружающим дном на 3000—4000 м и более. Рифтовой долиной или системой таких долин хребты делятся на две части. По обе стороны долины располагаются высокие горы, которые также получили название рифтовых. Относительная высота их достигает 2000 м, а ширина колеблется от единиц до десятков километров. Пока эти формы рельефа названы горами условно. При дальнейших исследованиях они могут оказаться вы-

Рис. 2. Типичный профиль рифтового хребта

100 0 200 400 км

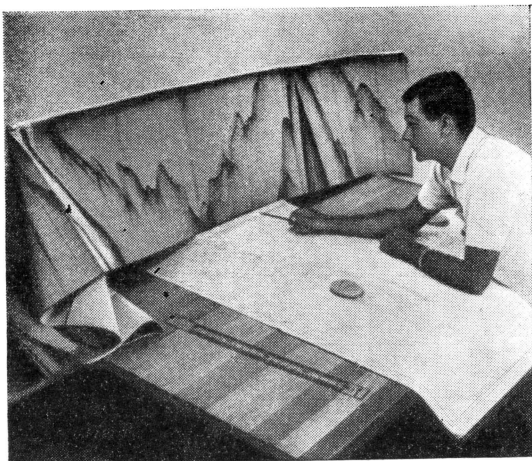
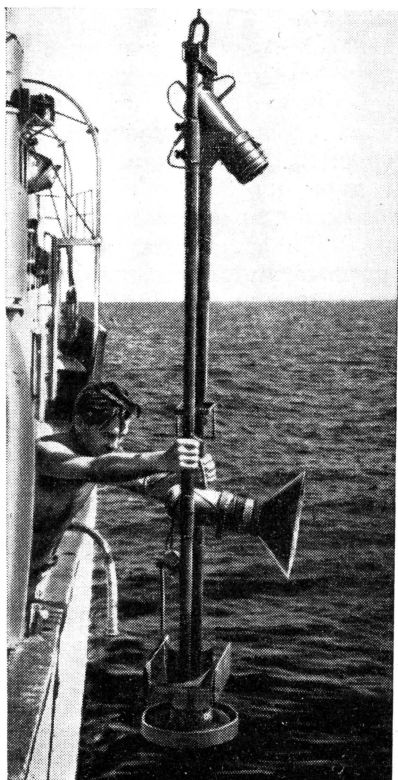


Рис. 3. Крупные провалы дна чередуются с высокими горными хребтами

сокими, сравнительно узкими горными хребтами, вытянутыми вдоль гребня основного поднятия. Сейчас же важно отметить, что рифтовые горы очень высоки, имеют крутые, до $15-20^\circ$, склоны и сложно расчленены (рис. 2 и 3).

Зона рифтовой долины и рифтовых гор наблюдается в большинстве звеньев рифтовой системы мира. С этой зоной связан также следующий парадокс. К ней, расположенной в самом центре хребта, приурочены некоторые максимальные глубины океана. Так, впадина Романш с глубиной 7758 м находится в центральной части Срединно-Атлантического хребта. Наибольшая глубина северо-западной части Индийского океана, равная 6402 м, также приходится на рифтовую долину Аравийско-Индийского хребта.

Не меньший интерес представляет и тот факт, что большинство известных землетрясений на дне океана приходится на срединную часть рифтовых хребтов. Эпицентры землетрясений Срединно-Атлантического хребта, например, сосредоточены в центральной зоне, ширина которой не выходит за пределы 200 км, а большинство эпицентров ложится непосредственно в рифтовую долину. В сочетании с высокой степенью расчленения этот факт указывает на активную тектоническую жизнь хребта. Там постоянно происходит перестройка рельефа, возникновение новых и разрушение старых форм.



ВЕСТИ СО ДНА ОКЕАНА

Путешествуя по океану, мы зорко вглядываемся в морскую даль: не покажется ли реальный двойник легендарного морского змея, не выплывет ли на поверхность уже переставшая быть легендой мезозойская рыба латимерия. Но наш взгляд скользит не только по поверхности. Мы заглядываем и в глубокие недра моря. Для этого используются батисферы, акваланги, автоматические фото- и кинокамеры, подводное телевидение. Мало того, люди исподволь начинают заселять седьмой континент. Несколько лет назад на дне Средиземного моря был построен своеобразный «хутор» под названием «Диоген». А некоторое время спустя в Красном море на глубине около 10 м обосновалась уже целая «деревня». Но что ни говори, а до больших глубин человеку еще далеко. А там-то и скрыты сокровенные тайны моря.

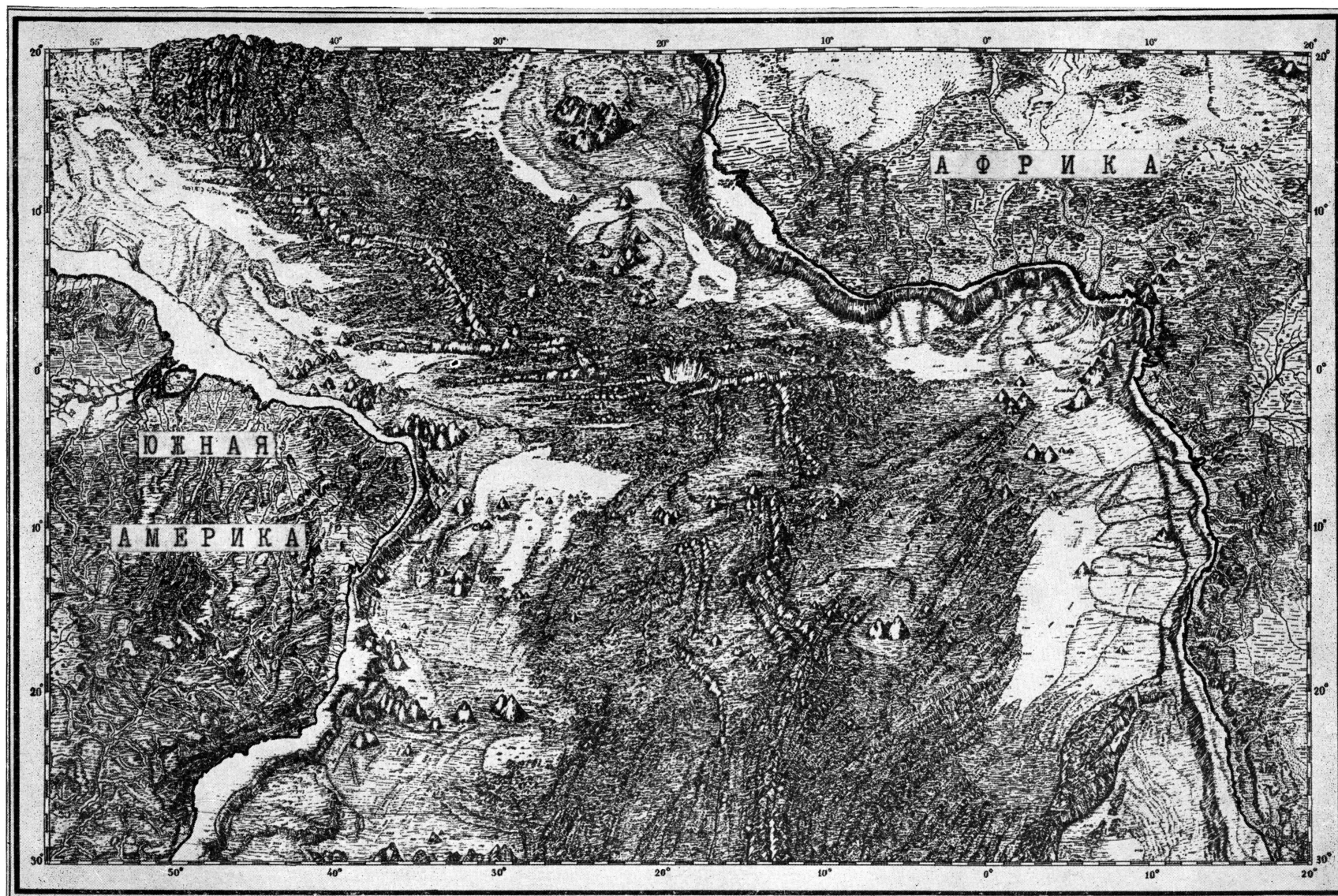
Стоило получить всего несколько десятков глубоководных фотографий, как оказалось, например, что на дне океана встречаются таинственные следы,

больше напоминающие следы гусеничного трактора, чем животного.

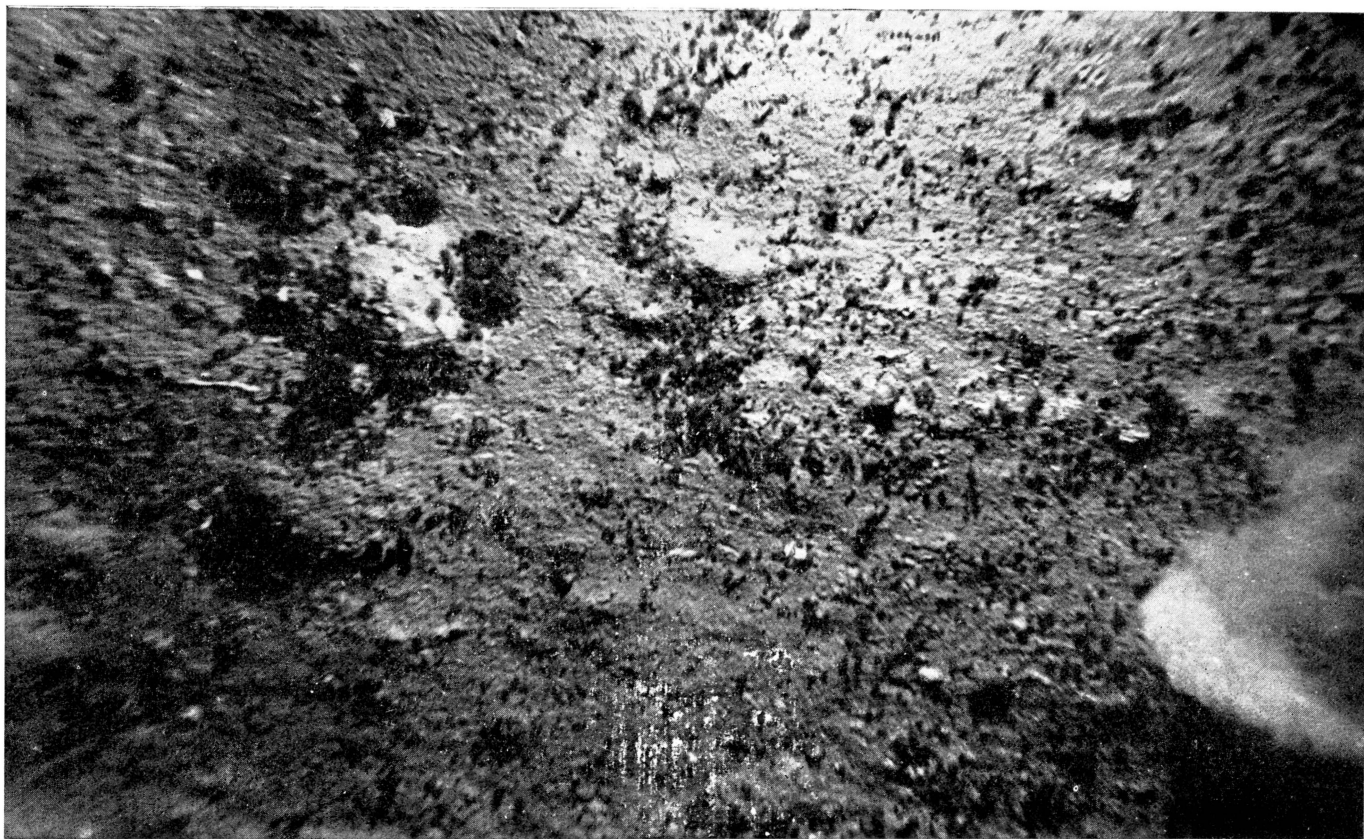
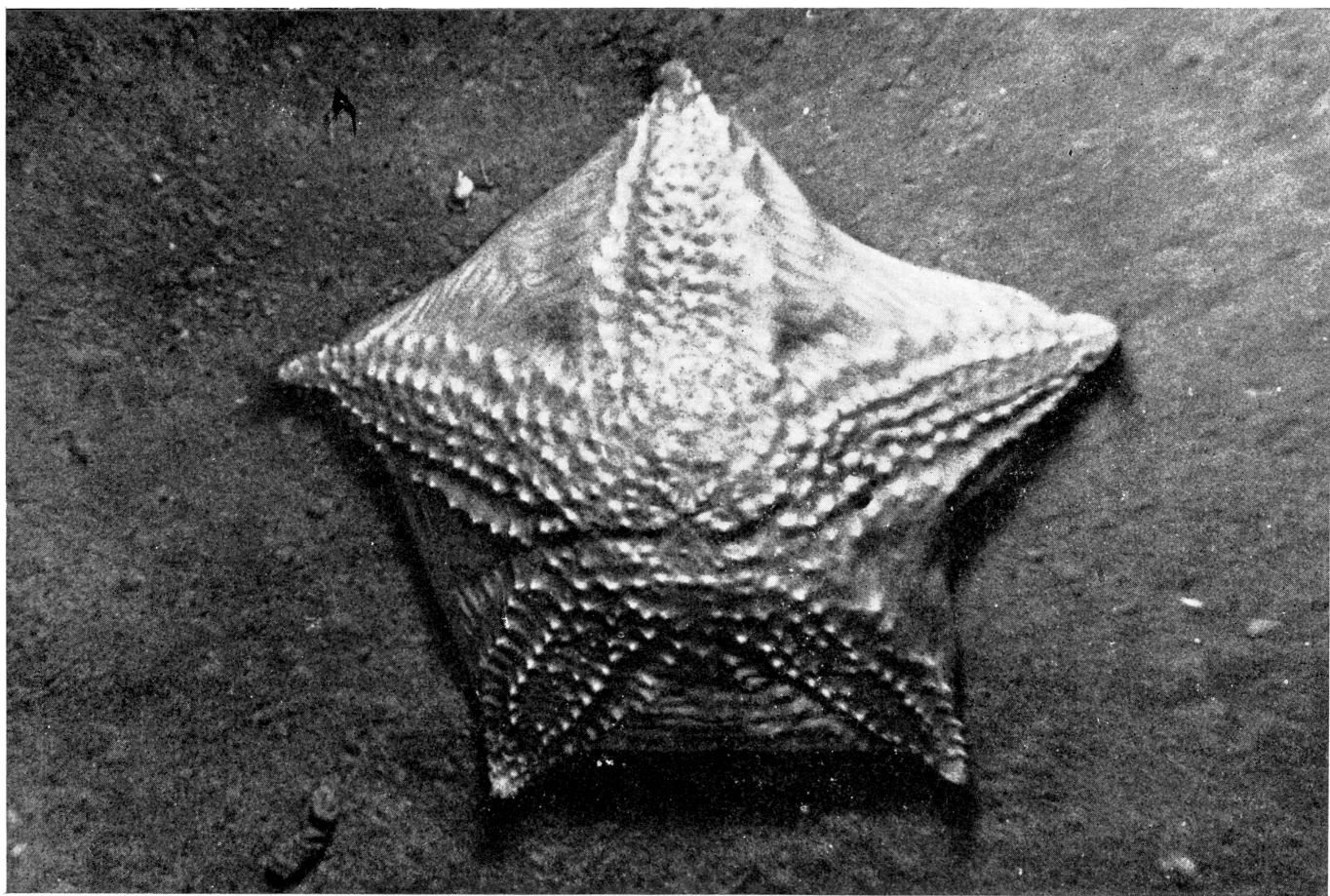
Однако получение фотографий с больших глубин — дело пока что трудоемкое и хлопотное. Все время приходится думать: сработает ли камера, не затекут ли боксы, не оборвется ли трос...

Мы всегда с волнением ожидаем результатов съемки дна, жадно разглядываем еще не полностью отфиксированную пленку в надежде встретить нечто значительное. Конечно кадр с «открытием» — случайность, и случайность редкая, ибо дно океана занимает почти $3/4$ поверхности Земли, а фотографируемая площадь всего $3-4 \text{ м}^2$. Но то ли мы еще плохо знаем дно океана, то ли ученым действительно везет — таких случайностей становится все больше.

В 1962 г., например, удалось получить около 220 снимков в разных точках дна Атлантического океана. Фотокамера конструкции Н. Л. Зенкевича опускалась с борта научного судна «Петр Лебедев». Все снимки представляли интерес для специалистов-океанологов.



Фрагмент рифтовой системы в Атлантическом океане (по Хейзену и Тарп)



Об активной тектонической деятельности в пределах рифтовых хребтов свидетельствуют и процессы современного вулканизма. Только за последние несколько лет в Атлантическом океане возникли новые вулканы, «проснулись» старые. В 1957 г., например, близ острова Фаял в группе Азорских островов возник вулкан Капелиньюш, а в 1963 г. недалеко от столицы Исландии — Рейкьявика из-под воды появился еще один. Сейчас оба вулкана продолжают расти и их высота уже перевалила за 100 м. В 1961 г. возобновил свою деятельность, давно считавшийся потухшим, вулкан на одном из островов Тристан-да-Кунья. В связи с этим пришлось эвакуировать все население острова. Как известно, острова Тристан-да-Кунья, Азорские острова и Исландия находятся на гребне Срединно-Атлантического хребта и являются наиболее высокими его вершинами.

Многие подводные горы, имеющие коническую форму и концентрические очертания, также представляются не чем иным, как вулканами. Десятки новых подводных вулканов ежегодно открывают океанографические экспедиции. Только в последние годы стало известно, что на дне океана вулканов в несколько десятков раз больше, нежели на всех материках. И многие из них располагаются в районах рифтовых хребтов.

В связи с этим интересно посмотреть, чем сложены рифтовые хребты, каково их вещественное содержание.

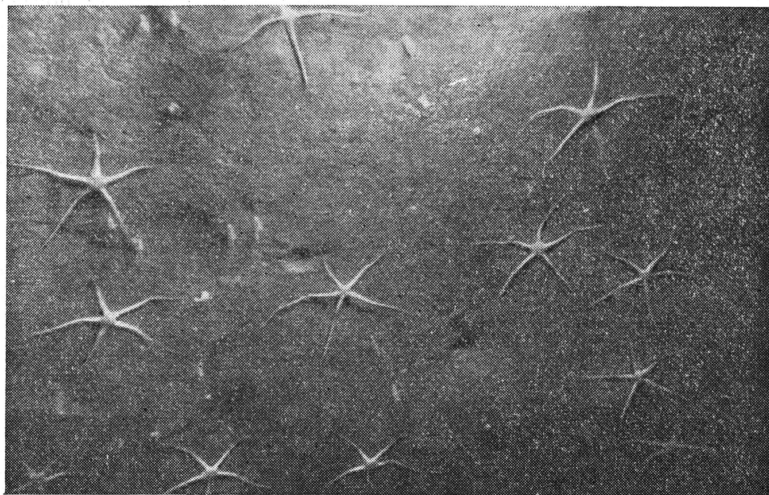
До недавнего времени было принято счи-

тать, что океанское дно повсеместно покрыто более или менее мощным слоем рыхлых отложений. В центральных и наиболее удаленных от берегов районах океана отложения представлены в основном скелетными остатками планктонных организмов, живущих в толще морской воды. Этот тип отложений особенно характерен для срединных хребтов, как, впрочем, и для океанических хребтов другого типа, ибо доступ в такие районы материала терригенного (земного) происхождения крайне ограничен.

В результате исследований последних лет оказалось, что в вершинной части хребтов рыхлые осадки нередко отсутствуют вообще и на поверхности обнажаются массивы коренных пород. Это касается не только положительных форм рельефа, но и межгорных котловин, куда, казалось бы, с высоких гор осадки могли сноситься течениями. Их нет или очень мало и в рифтовой долине. Время от времени со дна долины извлекаются образцы грунта, представленного каменным материалом.

Отсутствие донных отложений на гребне можно объяснить лишь относительной геологической молодостью этой зоны. Слишком мало времени прошло с момента образования центральной области, чтобы она успела оказаться захороненной под покровом осадков. Об этом же (о молодости) свидетельствуют и резкое расчленение рельефа, и повышенная сейсмичность, и активный вулканизм.

О богатстве донной жизни на малых глубинах рассказывает фотография многочисленных офиур, почти сплошным покровом выстилающих отдельные участки Ньюфаундлендской банки (фото справа). Но самой волнующей явилась фотография морской звезды (см. фото вверху на вклейке), схваченная объективом фотоаппарата на глубине около 3000 м. Звезда, как говорится, «влетела» прямо в середину кадра. Это произошло в Исландской котловине между крупными подводными хребтами Рейкьянес и Роколл. Звезда была необычной. Она напоминала крышку большого бака. Никто подобных звезд с такой глубины никогда не доставал. У нее пять



Впрочем, не во всех районах гребня наблюдается подобная картина. Сейсмическими исследованиями было установлено, что иногда осадочный покров в провинциях гребня имеет значительную мощность. Это говорит о неравномерном развитии отдельных частей хребта. Некоторые из них труднее поддаются воздействию внутренних сил, плотнее «впаяны» в субстрат и менее подвержены разрушению и самообновлению. Но чаще в пределах гребня хребта обнажаются коренные породы, представленные базальтами.

Базальты — продукты вулканической деятельности. В пределах рифтовых хребтов извержения базальтовой лавы происходят в грандиозных масштабах. По подсчетам американского геолога Г. Менарда, только на площади одной трети Срединно-Атлантического хребта и в пределах хребта Дарвина в Тихом океане залегает не менее 10 млн. км³ базальтов. Это уже не вулканизм в обычном смысле, а вулканическая стихия, приводящая к нагромождению гигантских объемов вулканического материала и формирующая хребты рифтовой системы.

С удалением от центральной части хребта резкие контрасты в его строении затухают. Амплитуды и углы наклонов рельефа становятся меньше, мощность осадочного покрова возрастает. Проявления сейсмичности и вул-

канизма наблюдаются редко, а обнажения коренных пород практически не встречаются. Все это свидетельствует об определенной направленности в развитии рифтовой системы Земли. Но, прежде чем остановиться на гипотезах, объясняющих указанные особенности хребтов, следует указать еще ряд свойств рифтовой системы.

Геофизическими исследованиями установлено, что в ее пределах наблюдаются существенные аномалии физических полей Земли. Так, рифтовая долина в Атлантическом океане характеризуется положительной магнитной аномалией, в противоположность примыкающим к ней возвышенным зонам, имеющим отрицательные аномалии. Существенные колебания отмечены в пределах гребня хребта и в аномалиях силы тяжести. Большим интересом представляют результаты измерений теплового потока в центральных частях рифтовых хребтов. Они говорят о том, что поток тепла, идущий из недр Земли, в этих зонах в несколько раз превышает значения теплового потока в боковых частях хребта и соседних зонах глубоководного дна. В атлантической рифтовой долине поток тепла по некоторым данным в шесть раз больше, нежели в удаленных от долины участках дна.

Весь комплекс геофизических, геологиче-

лучей, стянутых тугими перепонками. Размах лучей не меньше 70 см. Высота ее тоже значительная. Это видно по теньям, которые она оставляет на стороне, противоположной освещению. Это гигантская звезда. Но на соседнем снимке был запечатлен след от подобной звезды, занимающий почти весь кадр. А это значит, что размеры ее могли быть еще больше. Звезда живет на илистом дне. Вокруг нее однообразная пустыня. Звезде не так уж необходим свет, тепло и обилие пищи. Она довольствуется малым и в условиях полного мрака и ледящего холода ухитряется вырасти до внушительных размеров.

Это лишь один из многих фактов, добытых исследователями океана. Теперь уже не приходится спорить о возможности существования жизни на больших глубинах. Живые организмы есть в океане везде — от по-

верхности до дна самых глубоких котловин.

Подводные фотографии рассказывают нам о процессах, происходящих на дне океана. На вклейке внизу, например, показана фотография участка дна, сплошь усыпанного каменными обломками. Глубина этого места 3300 м, а от ближайших бережьев суши оно удалено на сотни километров. Спрашивается: как мог попасть в столь отдаленные районы каменный материал? Ведь камни не плавают! Прежде чем ответить на этот вопрос, следует сказать, что подобные участки дна встречаются чаще всего в приполярных зонах океана. В тропических и субтропических районах вероятность достать со дна каменный материал весьма мала. Отсюда и причину распространения каменного материала на дне полярных областей надо, по-видимому, искать в особенностях этих областей. Одна из та-

ких особенностей — широкое распространение плавающих льдов и айсбергов. Отрываясь во время весеннего таяния от берегов, льды уносят в океан мелкий обломочный материал и откладывают его на значительном удалении от берегов. Еще дальше разносят обломки айсберги, способные существовать в водах океана до десяти лет и более. И в течение этого времени происходит постепенное таяние льда и освобождение каменного материала, захваченного на суше. Плавающая, айсберг оставляет за собой своеобразную каменную дорожку на дне. Вот таким способом, по-видимому, и попали на дно океана камни, изображенные на фотографии. Кстати, фотография эта сделана между Ньюфаундлендом и Гренландией и как раз соответствует району наибольшего распространения гренландских айсбергов.

ских и географических данных говорит о резком своеобразии рифтовой системы в облике Земли.

Как же подойти к объяснению происхождения этой системы и оценить ее роль в общем развитии поверхности земного шара?

Существует два главных подхода к решению этой проблемы. Один из них заключается в признании за рифтовой системой геосинклинальной природы развития. Другими словами, океанические хребты рифтового типа рассматриваются как области интенсивного накопления осадков, прогибания под действием этой тяжести и последующих поднятий. Современный вид рифтовых хребтов, согласно этому представлению, — результат многократных поднятий и опусканий в разных зонах системы. В связи с этим большая группа геологов рассматривает рифты как глубокие грабены, развивавшиеся по нормальным сбросам.

Основным доказательством, подтверждающим указанный путь формирования океанических горных систем, должна быть мощная толща осадочных пород в центре хребта. Геофизические данные не позволяют, однако, безоговорочно принять эту гипотезу. В пределах гребня хребта современные отложения имеют незначительную мощность или отсутствуют вовсе. Дальше идут базальты, залегающие на более плотных глубинных породах Земли. Результаты сейсмических исследований в зоне рифтовых хребтов опровергают точку зрения о существовании мощной толщи осадочных пород в их пределах.

Если же говорить вообще о вертикальных движениях в пределах горных систем дна океана, то следует признать, что они проявляются постоянно и характеризуются значительными амплитудами и скоростями. В качестве примера приведем данные, полученные в экспедиции Академии наук СССР на судне «Петр Лебедев» в 1961 г. ($12^{\circ} 10'$ ю. ш., $18^{\circ} 19'$ з. д.). Проба грунта (монолит-мощностью около 15 см), поднятая с западного склона Срединно-Атлантического хребта, состояла из двух слоев, залегающих один над другим и представленных резко отличными типами донных отложений. Сверху лежал глобигериновый ил, а внизу — красная глина. Сразу же заметим, что глубина, с которой был получен образец грунта, составляла 4500 м. Это очень важно подчеркнуть, ибо известно, что красные глины — осадки глубоководные и в Атлантическом океане образуются на глуби-

нах не меньше 5000—5200 м. Следовательно, появление красной глины на глубине 4500 м можно объяснить лишь однозначно — поднятием дна этого района не менее чем на 500—700 м. Причем, все это произошло, по-видимому, за сравнительно короткое время — в пределах десятков тысяч лет.

Второй подход к объяснению генезиса рифтовой системы мира состоит в признании идеи горизонтальных перемещений блоков земной коры. Рифтовые долины рассматриваются при этом как центр разломов некогда единых массивов суши. От этих разломов и начинается перемещение разобценных блоков земной коры в стороны.

Мысль о горизонтальных движениях участков земной коры не нова. Она высказывалась давно и многими исследователями. Наиболее полно эта идея была освещена в работах немецкого геофизика Альфреда Вегенера. В книге «Происхождение материков и океанов» Вегенер рассматривал Атлантический океан как результат расхождения материков Европы и Африки с одной стороны и Америки — с другой. Главным основанием для такого вывода послужило поразительное сходство очертаний материков по обе стороны океана. Это сходство, и в самом деле, действует гипнотизирующе. Мысленно соединив континенты, мы не найдем сколько-нибудь значительного зазора между ними.

Многие специалисты — геологи долгое время находились под впечатлением смелой идеи Вегенера. Однако впоследствии оказалось, что гипотеза не соответствует многим фактам. Так, Срединно-Атлантический хребет, рассматривавшийся Вегенером как остаток материковой глыбы, оставшей в своем движении на запад от Америки, в действительности не является частью материковой земной коры. Представления Вегенера о свободном передвижении материков по пластичному субстрату в наше время выглядят весьма механистическими. Сейчас достаточно хорошо известно, что существует единство и зависимость процессов, совершающихся в земной коре и мантии Земли. Хорошим примером могут служить глубокофокусные землетрясения, эпицентры которых наблюдаются на глубинах 600—700 км. Землетрясения развиваются вдоль линий глубинных разломов, охватывающих как верхние части литосферы, так и глубинные горизонты мантии Земли. Поэтому мысль об автономности этих двух геосфер должна быть отброшена.

Вместе с тем рациональная часть гипотезы Вегенера — сходство очертаний противоположных побережий Атлантического океана — продолжает привлекать внимание ученых. Попытки найти объяснение этому факту продолжают. Высказывается, например, мысль о расширении Земли. Мысль смелая, но бездоказательная, ибо причины подобного расширения пока неясны.

Много внимания сейчас уделяется гипотезе конвекционных потоков в мантии Земли. Конвекционные потоки возникают, как и любая другая конвекция, в результате неравномерного разогревания. Движение подкорового вещества, по мысли сторонников конвекционных течений, увлекает в свою орбиту огромные блоки расположенной выше земной коры. Таким образом, эта гипотеза учитывает связь земной коры с мантией Земли и в то же время показывает возможность перемещения материков. Образование рифтовых хребтов дна океана рассматривается сейчас большой группой ученых как результат деятельности конвекционных потоков. Рифтовые долины при этом считаются первоначальным разломом в земной коре, сформированным под восходящей ветвью потока. Расходящиеся в стороны нисходящие течения подкорового вещества перемещают также и верхнюю надстройку из более легкого материала. Вместе с тем для вразумительного объяснения природы и механизма конвекционных течений требуются еще дальнейшие исследования.

Стоит отметить, что гипотеза горизонтальных движений довольно неплохо объясняет некоторые факты геологического плана в пределах рифтовой системы. В центре хребта сосредоточены почти все землетрясения, ак-

тивно развивается вулканизм, здесь очень тонкий покров современных донных осадков. В более «отодвинутых» от центра областях вулканизм и сейсмичность затухают, а мощность осадочного слоя возрастает во много раз.

Опираясь самыми средними цифрами мощностей осадочного покрова на заданном удалении от центра хребта, где мощность принимается равной нулю, и темпами накопления современных отложений, можно подсчитать скорость перемещения блоков земной коры в стороны от центральных рифтов. Расчеты, выполненные нами на основе материалов сейсмического зондирования, проведенного М. Юингом и его сотрудниками в Атлантике (рис. 4), показали, что скорость перемещения равна около 0,5 см/г. Любопытно, что для горизонтальных перемещений блоков острова Исландия в обе стороны от центрального грабена приводятся цифры того же порядка. Если рассматривать образование Атлантического океана как результат «расплывания» материков, то подобные расчеты позволят в дальнейшем указать возраст Атлантики в целом. Судя по предварительным данным, он не выйдет за пределы мезозоя. Это согласуется с тем обстоятельством, что на дне Атлантического океана до сих пор не найдено пород, древнее мезозойских.

В заключение отметим одно из наиболее общих свойств рифтовой системы Земли — ее непрерывность. Это говорит о большей пластичности коры земли под океанами, нежели под материками, о большей ее податливости под воздействием внутренних сил Земли. Разобщенности структур на суше, «слепым» окончанием многих горных систем материков противостоит единая, монолитная и разветвленная сеть горных хребтов дна океана.

Всестороннее изучение рифтовой системы мира может помочь в дальнейшем выяснению важнейших вопросов эволюции Земли, в том числе происхождения материков и океанов.

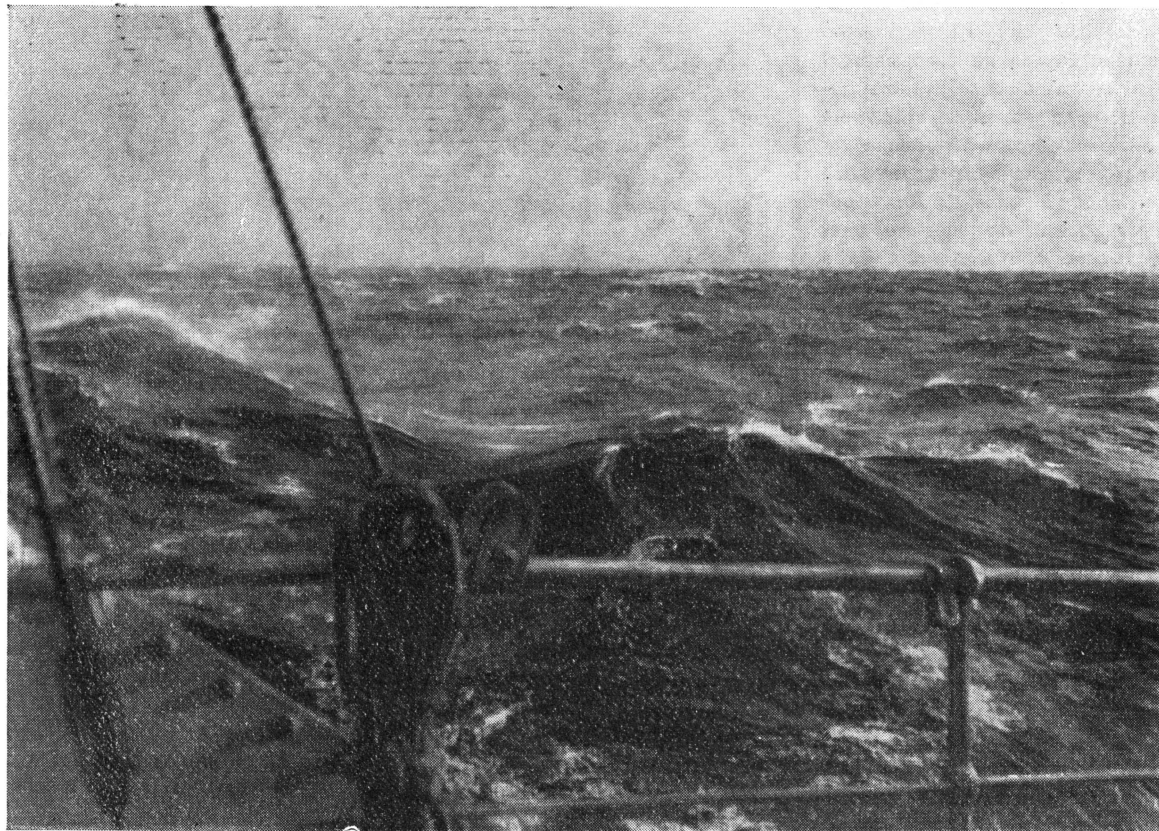
Рис. 4. Изменение мощности осадочного покрова Южно-Атлантического хребта от гребня к подножию



ЧТО ТАКОЕ ГОЛЬФСТРИМ?

А. Д. ЯМПОЛЬСКИЙ,
кандидат географических наук

Фото автора



У западного берега Атлантического океана существует узкое, мощное течение — Гольфстрим. Интерес к исследованию этого явления, так же, как и изучению океана вообще, обусловлен не только их важностью для мореплавания, зависимостью климата и погоды на материках от процессов в океане, но и тем, что современная техника уже позволяет довольно широко использовать ресурсы океана (пищевые, минеральные и т. д.).

Среди неспециалистов очень широко распространено мнение, что Гольфстрим — это некая «ре-

ка» в океане, согревающая своим теплом большую часть Северной Америки и Европы. Теперь многие ученые уже отказались от представления о Гольфстриме и других течениях как о реках и считают, что течения в океане больше похожи на подвижную систему вихрей, движущихся примерно в одну сторону. Размеры этих вихрей могут быть от нескольких сантиметров до сотен и тысяч километров, т. е. вплоть до размеров самих океанов. Такой взгляд на течения, хотя и не отражает всего их многообразия, позволяет объяснить многие осо-

бенности. Например, почему при наблюдениях в соседних точках скорости течения часто бывают направлены в противоположные стороны? Проведенные в последнее время детальные исследования, в частности, Гольфстрима в основном подтвердили правильность именно такого взгляда на морские течения.

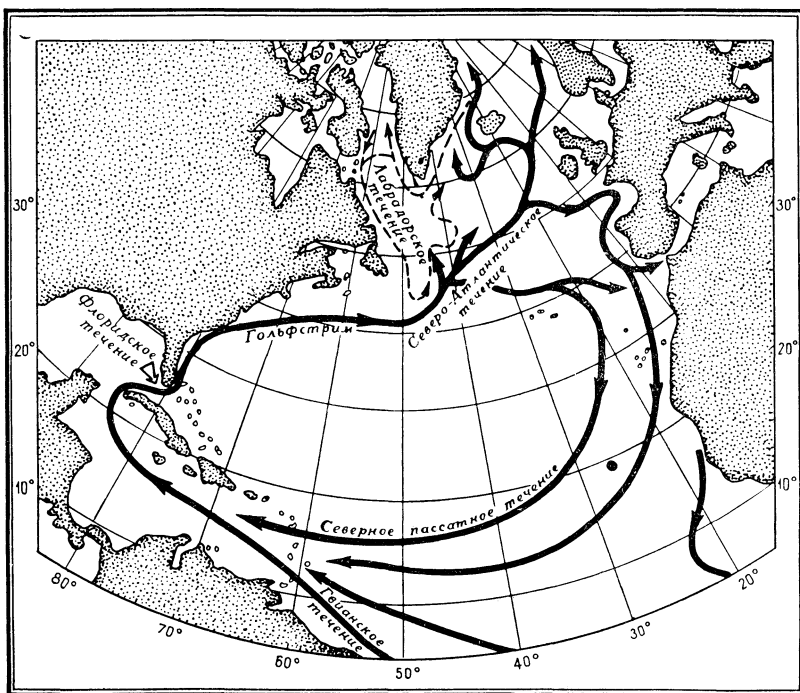
С представлением о Гольфстриме как о реке связано и широко распространенное заблуждение. Еще 15—20 лет назад (а может быть, еще и сейчас) многие океанографы, даже авторы учебников, считали причиной отхода

Гольфстрима от берегов Северной Америки отклоняющее влияние вращения Земли. Остановимся на этом вопросе подробнее.

Прежде всего, возникает сомнение: почему Гольфстрим отходит от материка только севернее широты 30°? Разве южнее вращение Земли не сказывается? Чтобы показать ошибочность такого взгляда на роль вращения Земли, рассмотрим поведение отдельной, только что возникшей струи воды в океане. Для простоты примем, что океан вращается вместе с Землей и вода в нем неподвижная. Следовательно, на частицы воды в нашей струе будет действовать сила, обусловленная вращением. Она направлена вправо от струи и на остальные частицы воды в океане не действует. Под влиянием этой силы вся струя будет стремиться переместиться вправо. Под действием такого перемещения у правой границы струи должен возникнуть местный подъем поверхности океана. Благодаря этому появляется сила, направленная из области, где уровень выше, в частности влево, т. е. против действия силы, обусловленной вращением Земли. В установившемся состоянии эти две силы полностью уравниваются друг друга. Следовательно, под действием вращения Земли течение не может повернуть вправо.

Среди океанографов принято называть Гольфстримом систему интенсивных течений в западной части Атлантического океана вдоль побережья Северной Америки вплоть до острова Ньюфаундленд. Слово «Гольфстрим» в буквальном переводе с английского означает «течение (из Мексиканского залива)», хотя в действительности из Мексиканского залива в него попадает сравнительно немного воды.

В системе Гольфстрима различают Флоридское течение (в окрестности Флоридского пролива)



Схематическое изображение системы Гольфстрим

и собственно Гольфстрим (вплоть до большой Ньюфаундлендской банки). Продолжение Гольфстрима, которое от Ньюфаундлендской банки направлено на восток, к Европе, обычно называют Северо-Атлантическим течением.

Первое описание Флоридского течения было дано Понсом де Леоном в 1513 г., через 22 года после открытия Америки Колумбом. Течение это, по словам де Леоны, настолько сильное, что корабли часто удалялись от намеченной цели, вместо того чтобы приближаться к ней.

Первая гипотеза о происхождении Гольфстрима высказана П. Мартиром в 1515 г. Он считал, что направленное на запад Северное Пассатное течение упирается в материк и в результате меняет направление движения. Существование Гольфстрима только подтверждало эту точку зрения. Тот факт, что Северное Пассатное те-

чение направлено на запад, объяснений не требовал, ибо в те времена считалось, что, так же как видимое движение Солнца, это служит проявлением «первичного движения».

Первое изображение Гольфстрима на картах появилось лишь через 150 лет (1665 г.). В то время на картах тесно переплетались действительность и фантазия. Так, у Лофотенских островов изображался мощный круговорот — легендарный Мальстрем. (Помните, у Гумилева:

*...Быстрокрылых ведут капитаны,
Открыватели новых земель,
Для кого не страшны ураганы,
Кто изведаль мальстремы и мель...)*

Легенды о Мальстреме имеют под собой реальную почву. Более поздние исследования показали, что в этом районе при определен-

ных условиях, зависящих от характера прилива, возникают водовороты, но, конечно, значительно более скромных масштабов.

Старинные морские карты представляют все-таки значительно большую ценность, чем гипотезы, которые предлагались для объяснения течений. Среди них были совершенно фантастические, противоречащие элементарным физическим соображениям, однако получившие широкое распространение.

Так, для объяснения происхождения Гольфстрима был использован тот факт, что уровень моря в Мексиканском заливе выше, чем у Атлантического побережья Северной Америки. Следовательно, можно предположить, что Гольфстрим и возникает благодаря разности уровней. Отсюда сразу следует, что если перекрыть Флоридский пролив, то Гольфстрима не будет. Такие предположения делали не только авторы научно-фантастических романов, но и серьезные, деловые люди.

В конце прошлого века одна из американских фирм разработала и предложила проект перекрытия Гольфстрима. Предполагалось соединить полуостров Флорида с островом Куба дамбой длиной более 100 км. Высота дамбы в отдельных местах должна была достигать до 500 м. Для спуска теплых вод Мексиканского залива в Атлантический океан в проекте предусматривалось прорыть специальный канал в северной части полуострова Флорида. Пропускную способность канала можно регулировать. По проекту, теплые воды «Нового Гольфстрима» должны течь значительно ближе к берегу и, следовательно, климат прибрежных районов стал бы почти тропическим. Такая перспектива сулила американским дельцам вполне реальные барыши. Ведь в случае осуществления проекта можно было бы значительно увеличить площади под цитрусовыми,

табаком и т. д. В Европе этот проект вызвал замешательство и даже панику. Изменение режима Гольфстрима могло привести к последствиям, которые трудно было даже предвидеть. Одно казалось очевидным всем — если в Америке станет теплее, то в Европе будет холоднее. Некоторые газеты уже заполняли свои страницы описанием белых медведей в Париже и снежных сугробов в Ницце в разгар «бархатного» сезона.

Правительство США одобрило проект. Однако работы не были начаты, ибо противникам проекта удалось доказать полную несостоятельность его.

Измерения уровня в Мексиканском заливе и на Атлантическом побережье США показали, что их разность составляет всего несколько десятков сантиметров. Очевидно, что столь небольшая разность не может быть причиной течения, заметного на расстоянии в сотни миль. При анализе измерений уровня выяснилась еще одна интересная деталь: по мере движения на север вдоль Атлантического берега Америки уровень океана повышается. Выходит, что Гольфстрим течет в гору. Конечно, так объяснять происхождение его нельзя. Но как?

Уже давно было известно, что ветер, дующий над морем, вызывает не только волны, но и течения. По современным представлениям, ветер — основная причина течений в океане. Одно из первых исследований этого вопроса принадлежит советскому геофизику профессору В. Б. Штокману. Однако связь между ветром и течением не столь проста, как это может показаться с первого взгляда. Течение в данной точке океана почти не зависит от ветра над ней, а определяется всей системой ветров в некоторой достаточно большой области.

Кстати, несостоятельность американского проекта перекрытия Флоридского пролива заключалась

в том, что в нем, в частности, совершенно игнорировалась роль ветра. А система ветров над Атлантическим океаном такова, что проект, вопреки желаниям его авторов, не дал бы ожидаемого эффекта.

Метеорологи уже давно научились составлять карты среднего за какой-то большой промежуток времени ветра. Такие карты были созданы и для Атлантического океана. Оказалось, что система преобладающих ветров над северной частью Атлантического океана имеет ярко выраженный антициклонический характер, т. е. ветер дует в направлении вращения часовой стрелки. Такая система циркуляции атмосферы над Северной Атлантикой приблизительно симметрична относительно одного из меридианов, проходящих через ее центр.

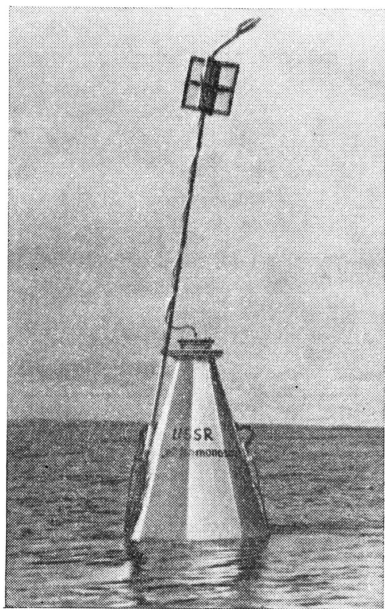
Если бы океан, над которым образовалась подобная система ветров, не вращался, то в нем появилась бы система течений, сим-



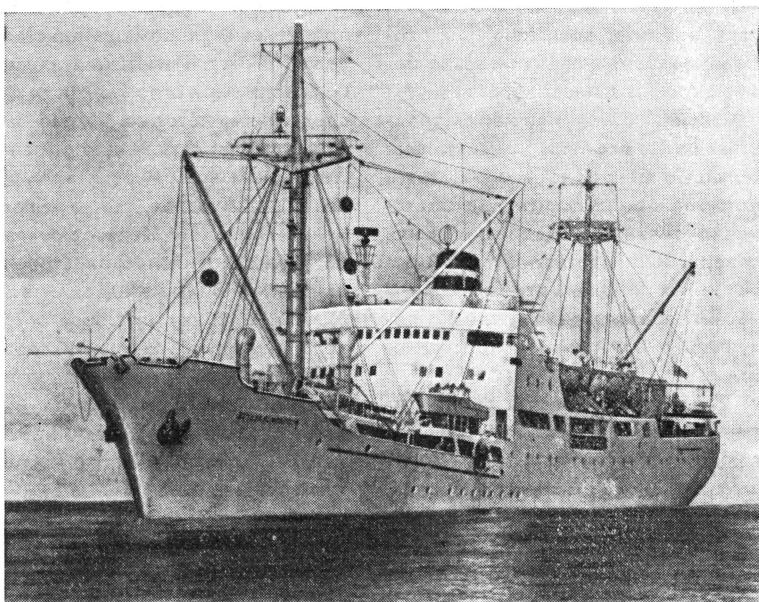
Подготовка самописцев течения БПВ для подвески на буй

метричная относительно того же меридиана. Однако, поскольку океан находится на вращающемся шаре — планете Земля, то и симметрия такой идеализированной картины нарушается. Именно потому, что Земля шар, величина горизонтальной составляющей силы, обусловленной ее вращением, существенно зависит от географической широты места. Можно показать, что меняющееся с широтой влияние вращения Земли вместе с системой преобладающих ветров и конфигурацией берегов приводит к существенной асимметрии упомянутой идеализированной картины распределения течений. Благодаря этому течения у западных берегов океанов сужаются и убыстряются.

Такое объяснение наиболее простое. Однако в результате тщательно поставленных натурных наблюдений были обнаружены детали структуры Гольфстрима, которые не могут найти объяснения



Буй с самописцами в открытом океане. Видна только верхняя часть буя с отражателем, который облегчает поиск буя радиолокатором



Советский научно-исследовательский корабль «Михаил Ломоносов»

в рамках рассматриваемой схемы. Естественно, что такие наблюдения удобнее проводить с помощью автономных самописцев течений. Созданные у нас автономные измерители течений БПВ (буквопечатающая вертушка) позволили существенно улучшить методику наблюдений и дали возможность более детально исследовать структуру океанических течений. Такие самописцы могут быть установлены на длительный срок в выбранной точке океана на заданной глубине. Приборы подвешиваются на стальном тросе к бую, а для того, чтобы буй не сносило ветром и течениями, к нижнему концу троса прикрепляется лежащий на дно тяжелый якорь. Большой объем наблюдений в Гольфстриме выполнил советский научно-исследовательский корабль «Михаил Ломоносов». В результате исследований было установлено, что под основной струей Гольфстрима имеется «антигольфстрим», т. е. сильное течение, направленное в противоположную сторону. Было

обнаружено, что не только положение Гольфстрима меняется со временем, но, что более важно, эти изменения часто охватывают не весь Гольфстрим, а лишь какую-то его часть. Такие волнообразные отклонения отдельных отрезков течения получили названия меандров. В некоторых случаях они, отрываясь от основного течения, продолжают существовать в виде самостоятельных крупных вихрей. Впервые меандры Гольфстрима были обнаружены во время детальной океанографической съемки в 1950 г.

Теоретически задача о меандрах в системе течений тесно связана с проблемой неустойчивости потока жидкости. Проблемы эти достаточно сложные, и до сих пор задача о меандрах еще далека от окончательного решения, так же как и задача о Гольфстриме в целом. Однако исследования ведутся очень интенсивно и, вероятно, со временем в задаче о Гольфстриме останется совсем немного нерешенных вопросов.

МОЖЕТ ЛИ БЫТЬ МАРС ОБИТАЕМ?

Л. В. ФЕСЕНКОВА

Рассматривая проблему обитаемости Марса, обычно учитывают наличие у него атмосферы с незначительным содержанием водяных паров (около $0,0015 \text{ мм/см}^2$ у поверхности) и довольно приемлемую температуру, несмотря на резкие колебания не препятствующую существованию жизни. Особенно сильным аргументом в пользу обитаемости Марса служат сезонные изменения окраски, альbedo и поляризации темных областей поверхности планеты и, наконец, «полосы Синтона»*.

Все эти явления хорошо объясняются, если допустить существование жизни на Марсе, в частности растительности, которая как будто и вызывает сезонную смену окраски и другие явления на поверхности планеты.

Многочисленные эксперименты в ряде лабораторий показали, что в искусственно воспроизведенных марсианских условиях (соответствующая температура, давление, состав атмосферы) возможно существование некоторых форм земной жизни, в частности бактерий, водорослей и т. д.

Однако эти факты нельзя считать решающими. Чтобы сделать обоснованный вывод об обитаемости Марса или других планет, надо сопоставить совокупные данные разных наук.

* О «полосах Синтона» см. статью Г. И. Саловой, опубликованную в этом же номере журнала.

Говоря о жизни вообще, следует представить себе содержание этого понятия. К сожалению, вопрос о сущности жизни полностью не решен, и многие авторы, пишущие об этом, придерживаются различных точек зрения.

Говоря о сущности веземной жизни, мы сталкиваемся с вопросом о материальном носителе этой формы движения материи, а именно: может ли существовать жизнь на материальной основе, отличной от земных форм, основанных на углеводородных соединениях? Большинство авторов считает, что жизнь на Марсе может быть только белковой (Н. Г. Горовиц и др.). Действительно, все дискуссии об обитаемости Марса подразумевают именно эту, единственно известную нам (и, возможно, единственную вообще) форму жизни. Все споры о приемлемости или неприемлемости марсианских условий имеют смысл лишь постольку, поскольку известны температурные и другие границы жизни на белковой основе. На этом же предположении основаны все эксперименты, позволяющие судить о возможности существования живых организмов в условиях Марса.

К вопросу о жизни на Марсе примыкает проблема возможности переноса биогенных соединений через космическое пространство. Она в свое время была скомпрометирована идеалистическими представлениями о вечности жизни (Гельмгольд,

Либих и др.), возникшими вследствие тупика, в который в конце XIX века зашла проблема зарождения жизни на Земле. Невозможность в эту эпоху решить ее с материалистических позиций заставила ученых обратиться к источнику жизни, вынесенному из космоса, против чего, как известно, выступал Энгельс.

Теперь положение изменилось. Вопрос о переносе жизни через космическое пространство уже не связывают с существованием извечных «первичных форм». Говорится лишь, что споры и бактерии, существующие на какой-либо планете, могут посредством определенного механизма переноса дать начало жизни на другой, ранее абиогенной планете. Действительно, если бы был найден механизм транспортировки мельчайших частиц с поверхности планеты в космическое пространство и доказана возможность длительного существования в космосе микроскопических живых организмов, хотя бы в состоянии анабиоза, то возможность возникновения жизни в результате попадания ее зародышей с других планет являлась бы очень вероятной.

Однако дискуссия, развернувшаяся в самые последние годы относительно природы органических соединений в углистых хондритах, показала, что органические включения метеоритов всегда оказывались результатом заражения их земными микроорганизмами (например, метеорит Оргей). Так что, по-видимому, все метеориты абиогенны. Это понятно, если учесть, что космические лучи, воздействию которых метеорит подвергается в течение длительного времени, способны разрушать даже ядра железа. Тем более губительно космическое излучение для сложных органических молекул, даже если бы они находились внутри метеорита.

Трудно говорить и о каких-

либо других способах переноса зародышей жизни с планеты на планету, поскольку не найден механизм, способный, например, преодолеть гравитационное поле Земли и вынести пылинку или спор в межпланетное пространство. Ссылки на давление солнечной радиации, на которое указывал еще Аррениус, несостоятельны, так как вблизи Земли оно составляет только около 1% земного притяжения.

Таким образом, рассматривая проблему обитаемости Марса, нужно исходить из того, что жизнь зарождалась на самой планете в процессе ее эволюции. При этом логично предположить, что закономерности возникновения жизни общие для любой планеты, в частности и для Земли (если, конечно, говорить о жизни на основе углерода).

Гипотеза происхождения жизни на Земле наиболее детально разработана академиком А. И. Опариным и во многих аспектах получила уже экспериментальное подтверждение.

Рассматривая условия, создавшиеся на первичной Земле, А. И. Опарин пришел к выводу, что жизнь могла зародиться лишь в водном растворе органических веществ, так как только при соединении элементов литосферы, гидросферы и атмосферы могли возникнуть благоприятные условия для прогрессивного развития углеводородов, в результате которого и возникла качественно новая форма движения материи — жизнь.

Следовательно для зарождения жизни нужно, во-первых, наличие определенного химического состава как исходного строительного материала для образования сложных органических молекул, т. е. паров воды и углеводородов (метана, ацетилена и др.), в результате взаимодействия которых при определенных условиях (например, с помощью тихих электрических разрядов)

могли образоваться сложные высокомолекулярные углеводороды. Во-вторых, наличие воды в жидком состоянии (а следовательно, и соответствующей температуры).

Гипотеза А. И. Опарина предполагает наличие «мирового бульона» — первичного океана, в котором возникла жизнь. Той же точки зрения придерживаются и многие другие авторы, считая, что водные слои предохраняли возникающие первичные организмы от губительного космического излучения. Однако некоторые авторы (Л. С. Берг, Н. Г. Холодный и другие) считают, что жизнь могла возникнуть и в поверхностном слое почвенного рухляка, который тоже обеспечивал защиту от космической радиации. При его обильном увлажнении так же, как и в водной среде, обеспечивается достаточный простор для самых разнообразных химических реакций. В этом случае огромное количество воды уже перестает быть необходимым условием для возникновения жизни.

Названные здесь общие условия, по-видимому, необходимы для зарождения жизни на любой планете. Но существовали ли такие условия на Марсе?

Несомненно, что в современных условиях Марса жизнь на нем возникнуть не может. Конечно, это не может служить аргументом для отрицания возможности зарождения жизни на нем в далеком прошлом. Рассмотрим, как могла эволюционировать эта планета.

Марс — ближайший сосед Земли и входит в группу планет земного типа. Многие авторы считали, что образование и эволюция подобных планет протекала по единому образцу. Однако теперь выяснено, что планеты земного типа, несмотря на большое сходство (вращение вокруг одиначной стационарной звезды, расстояние до центрального светила, масса, эллиптические орбиты,

близкие к круговым, наличие атмосфер), все же эволюционировали различным образом.

Как было показано О. Ю. Шмидтом, важную роль при образовании планет играет вращательный момент. Земля получила большой вращательный момент, что определило ее значительное нагревание и, вследствие этого, выделение водяных паров, углекислоты, азота и других газов из недр планеты. Таким образом, после потери первичной атмосферы выделявшиеся изнутри Земли газы и водяные пары образовали вторичную атмосферу восстановительного характера, в которой создались условия для прогрессивного развития углеводородов, приведшие по истечении примерно двух миллиардов лет к зарождению и развитию жизни.

Венера образовалась с малым вращательным моментом и не могла получить значительного начального разогрева. Вследствие этого радиоактивные элементы остались распределенными по всей массе планеты, что имело важное значение для ее дальнейшего развития. Ход эволюции Земли и Венеры оказался совершенно различным.

Относительно Марса известно, что он почти не имеет магнитного поля и, следовательно, жидкого ядра. Это позволяет предположить, что, вследствие особенностей образования Марса, на нем не могло произойти большого выделения вторичной атмосферы в виде паров воды. Первичную же атмосферу эта планета, имеющая меньшую массу, чем Земля, потеряла довольно быстро. Поэтому нельзя ожидать на Марсе существования больших масс воды в виде океанов ни в современную эпоху, ни в прошлом.

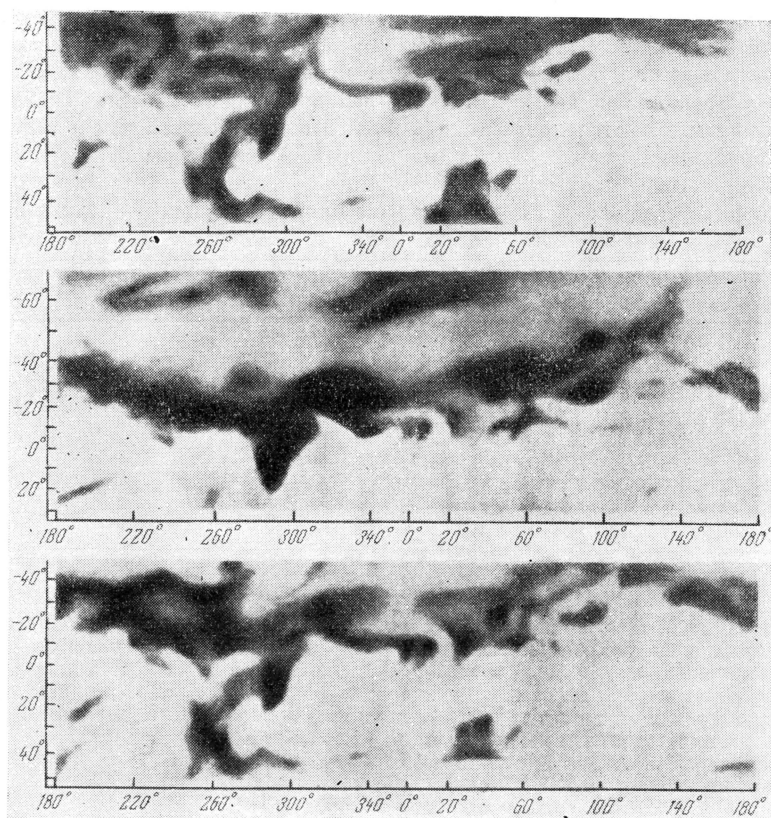
Предположение о том, что на Марсе не могло быть обширных водных бассейнов, подтверждают и другие соображения. Так, свет-

лые области Марса, занимающие около $\frac{3}{5}$ его поверхности, состоят, как полагают Дольфус и другие исследователи, из лимонита. Этот минерал возникает из более темного магнетита при одновременном воздействии кислорода и водяных паров. Как указывает Руттен, на Земле отложение лимонита началось только после того, как земная атмосфера в результате интенсивного фотосинтеза изменила свой первоначальный основной состав на окисленный с большим содержанием свободного кислорода. На Марсе же при отсутствии фотосинтеза, но при небольшом содержании в атмосфере водяных паров свободный кислород мог получаться только под действием далекой ультрафиолетовой радиации, которая могла свободно достигать поверхности планеты при отсутствии озоновой прослойки.

Этот процесс, однако, крайне медленный и для образования обширных отложений лимонита должен был занять, по всей вероятности миллиарды лет. Таким образом, самые свойства марсианских пустынь служат косвенным указанием на то, что на Марсе никогда не могло быть обширных открытых водоемов, и, следовательно, высокой влажности атмосферы. Поэтому если считать, что для возникновения жизни необходимы обширные водные бассейны, то подходящие условия на Марсе даже в самом отдаленном прошлом трудно представить.

Если принять точку зрения таких авторов, как, например Н. Г. Холодный, В. Р. Вильямс и другие, считающих, что для возникновения жизни достаточно сравнительно небольшое количество воды, то даже в этом случае в сухой атмосфере Марса возникновение жизни должно было встретиться со значительными затруднениями.

Следовательно, имеется малая



Карты поверхности Марса, составленные де Моттони по фотографиям во время оппозиций Марса в 1954 г. (вверху), в 1956 г. после большого желтого помутнения (в середине), в 1958 г. (внизу)

вероятность зарождения жизни на Марсе в прошлом и невозможность осуществления этого процесса в настоящем.

Но как же объяснить сезонные изменения на поверхности планеты? На этот счет имеется ряд гипотез. Согласно гипотезе Мак-Лафлина, на Марсе имеет место значительная вулканическая деятельность, при которой происходят выбросы больших масс вулканического пепла, разносящегося по поверхности планеты. А темные области Марса не что иное, как отложения пепла, причем новые его выбросы сохраняют очертание морей, расположение которых зависит от

направления ветров. В этом случае наблюдаемые изменения «морей» Марса определяются сезонными изменениями направления ветров, изменением влажности и температуры.

С такими взглядами сходна гипотеза Койпера, который считает темные области Марса лавовыми образованиями.

Недостаток обеих гипотез в том, что их основные предпосылки — вулканизм на Марсе и наличие весьма правильной циркуляции в марсианской атмосфере — пока не доказаны.

Были предложены и другие гипотезы. Так, Кисс и Карерр пытались объяснить особенности

атмосферы и поверхности Марса преобладающим количеством окислов азота.

Следовательно ныне, как и в прошлом, имеются противники и сторонники наличия жизни на Марсе. Наблюдаемые на этой планете явления пока еще не получили однозначного объяснения. Все же необходимо при-

знать, что, несмотря на малую возможность зарождения жизни в прошлом на этой планете, сторонников обитаемости Марса, значительно больше, чем противников. Даже авторы неорганических гипотез относительно сезонных изменений — Мак-Лафлин и Койпер не отрицают возможности существования там

растительности. А огромное большинство исследователей признает возможность существования жизни в каких-то низших формах.

Как видим, проблема обитаемости Марса нуждается в дальнейшем глубоком изучении и всестороннем обсуждении учеными разных областей знания.

О ЧЕМ ГОВОРЯТ «ПОЛОСЫ СИНТОНА»?

Г. И. Салова

В 1956 г. американский астроном В. Синтон открыл в инфракрасном спектре Марса три полосы поглощения с длинами волн 3,45, 3,58 и 3,69 мк. Сходство их с полосами поглощения различных органических веществ и отсутствие этих полос у неорганических привело к мысли, что появление их в спектре Марса связано с жизнью на этой планете. Синтон указал, что эти полосы соответствуют резонансной частоте связи углерод — водород (C—H). Такая связь имеется в большинстве органических молекул. В 1958 г. Синтон установил, что эти полосы видны только в спектре морей Марса, где предполагается наличие растительности, и отсутствуют в спектре материков. Это еще более укрепило высказанную им гипотезу (рис. 1).

Были попытки найти и иное объяснение полосам Синтона. Например, К. Кисс, С. Каррер и Э. Кисс — авторы гипотезы о ядовитых окислах азота в атмосфере Марса, пытались приписать полосы Синтона этим газам. Однако вскоре выяснилось, что совпадение длин волн лишь очень приблизительно, окислы азота должны иметь и другие полосы поглощения, которые не наблюдаются, да и сами эти газы крайне неустойчивы и должны почти совсем отсутствовать в атмосфере Марса.

Серьезные сомнения появились в 1963 г. Д. Ри, Т. Бельский и Н. Калвин исследовали большое число самых различных веществ и пришли к неожиданным выводам. Только первая полоса (3,45 мк) уверенно обнаруживается в спектре органических веществ. Однако здесь же расположены полосы поглощения различных карбонатов (CaCO_3 — обычный известняк, MgCO_3 и др.). Вторая и третья полосы в спектрах органических веществ встречаются лишь изредка. Нет этих полос и у достаточно распространенных неорганических веществ (можно было бы, вероятно, найти какое-нибудь редкое вещество, но тогда станет непонятно, почему оно покрывает на Марсе такие огромные площади). Ри, Калвин и Бельский делают, правда, одну оговорку — из органических веществ полосы поглощения 3,58 и 3,69 мк могут дать группы CN в составе

альдегидов, особенно уксусного альдегида CH_3CONH_2 . Но кажется малоправдоподобным, что на Марсе много таких простых органических молекул, а более сложные не наблюдаются. Если жизни нет, то не должно быть ни тех, ни других. Если есть —

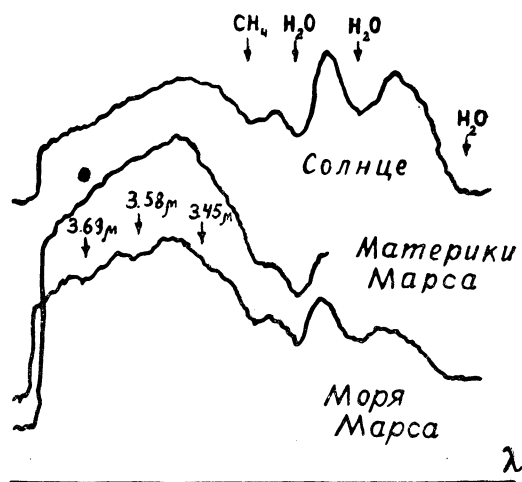


Рис. 1. Инфракрасный спектр материков и морей Марса, полученный Синтоном в 1958 г. Вверху спектр сравнения Солнца

должны присутствовать и простые и сложные. Вопрос остался полностью открытым.

В начале 1965 г. Д. Ширк, В. Хаселтайн и Д. Пименталь предложили вещество, полосы поглощения которого очень хорошо совпадают с поло-

сами Синтона. Им оказалась всего лишь вода, но не простая, а обогащенная тяжелой водой, содержащей вместо водорода дейтерий, т. е. смесь H_2O , HDO и D_2O . HDO имеет полосы поглощения у 3,67 и 3,56 $\mu\text{м}$, а D_2O — у 3,59 и 3,50 $\mu\text{м}$. Любопытно, что средняя полоса Синтона (3,58 $\mu\text{м}$) отождествляется с полосами, вызываемыми обеими молекулами. Они немного не совпадают друг с другом, и поэтому средняя полоса Синтона должна раздваиваться. Именно это и обнаружил в 1963 г. советский астроном В. И. Мороз. Различия между полосами тяжелой воды и полосами Синтона находятся в преде-

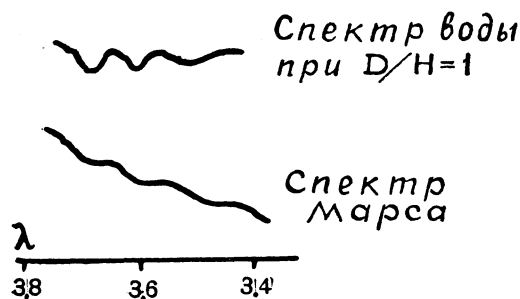


Рис. 2. Инфракрасный спектр смеси тяжелой воды и спектр Марса

лах ошибок наблюдений, лишь у первой полосы (3,45 $\mu\text{м}$) совпадение не очень хорошее. Проверить эту гипотезу можно по далекой инфракрасной части спектра, где уксусный альдегид имеет полосу поглощения 5,71 $\mu\text{м}$, HDO — 7,13 $\mu\text{м}$, а D_2O — 8,48 $\mu\text{м}$. Единственное поглощение, заметное в инфракрасном спектре Марса, полученном В. Синтоном и Д. Стронгом, наблюдается около 9 $\mu\text{м}$, т. е. близко к полосе D_2O (следует учесть, что эта область спектра находится почти на грани чувствительности применявшейся аппаратуры и спектр здесь очень слаб).

Исходя из своей гипотезы, Ширк, Хаселтайн и Пименталь оценили толщину слоя осажденной воды на Марсе в 8 $\mu\text{м}$. Это близко к спектральным определениям (10—40 $\mu\text{м}$), полученным, например, при подъеме телескопа на баллоне (рис. 2).

Казалось бы, все хорошо. Однако для того, чтобы соотношение интенсивностей полос соответствовало наблюдаемому, надо допустить, что в марсианской воде отношение числа ядер дейтерия к числу ядер обычного водорода, D/H , равнялось бы 1. На Земле же отношение это равно 0,0002! Каким образом на Марсе мог возникнуть такой избыток тяжелой воды? Авторы гипотезы считают, что это произошло при диссипации (ускользании) водо-

рода из атмосферы Марса. Легкий водород ускользает быстрее дейтерия, и чем меньше масса, тем это различие больше. Поэтому Марс богаче дейтерием, чем Земля. Однако, никаких расчетов авторы не привели и сомнительно, чтобы так удалось объяснить наблюдаемое гигантское различие (в 5000 раз!). Кроме того, непонятно, почему водяной пар наблюдается только над безводными морями Марса.

Пытаясь обойти эти трудности, Д. Ри, Б. О'Лири и В. Синтон («виновник» всех этих исследований) выдвинули удивительную гипотезу — спорные полосы возникают из-за поглощения, вызванного HDO в земной атмосфере. Действительно, в инфракрасном спектре Солнца, как удалось показать, полосы в 3,67 $\mu\text{м}$ и 3,56 $\mu\text{м}$ резко усиливаются при увеличении количества водяного пара (полоса у 3,45 $\mu\text{м}$ в этих спектрах не наблюдается, но как уже говорилось, Ри, Бельский и Калвин показали, что она может быть вызвана карбонатами). При таком объяснении парадокса с отношением D/H не возникает, так как в отличие от Марса, среди теллурических полос имеются и полосы, вызванные не тяжелой, а простой водой. Но почему же тогда в спектрах морей полосы Синтона есть, а в спектрах материков нет. Дело в том, что спектры тех и других снимались одним инструментом, а значит в разное время (и в разные дни). Интенсивность полос сильно зависит от влажности. Когда фотографировали спектр моря, влажность была велика, когда спектр материка и контрольный спектр Солнца (в котором полос тоже нет) — влажность была низка. Ри, О'Лири и Синтон попытались даже оценить количество воды на луче зрения телескопа в момент съемок. Правда для этого им пришлось пользоваться данными метеостанции, находящейся в 77 км от горы Маунт Паломар, на которой фотографировался спектр. Кроме того, данные о влажности в Сан-Диего получались с помощью радиозондов, которые запускались дважды в сутки, но не в моменты наблюдений, так что полученные оценки количества воды лишь приблизительны. Результаты оказались таковы: в момент получения контрольного спектра Солнца на луче зрения телескопа было 7,3 мм слоя осажденной воды, спектра материка — 11,5 мм , спектра моря — 11,4 мм . Если для Солнца и моря соотношение количеств воды оказалось таким, как требует гипотеза, то для материка и моря различия совсем не получилось. Таким образом, пока эта остроумная гипотеза осталась не подтвержденной, но и не опровергнутой, потому что приведенные оценки количества воды неуверенны. Вопрос по-прежнему открыт.

До сих пор связь полос Синтона с живым веществом окончательно не опровергнута. Ближайшее будущее покажет, что же такое «полосы Синтона» на самом деле.



АСТРОНОМИЯ В ПОЭЗИИ М. В. ЛОМОНОСОВА

В. Л. ЧЕНАКАЛ

Наряду с такими областями знания, привлекавшими к себе внимание Михаила Васильевича Ломоносова, как физика, химия, минералогия, геология, география, история, языкознание, экономика и др., глубоко интересовала его также наука о небесных светилах — астрономия.

«Красота, важность, обширность, величие астрономии,— писал он в подготовлявшейся им в июне 1762 г. речи об усовершенствовании зрительных труб,— не только возвышают дух мудрых, возбуждая их пылливость и усердие, не только прельщают умы граждан просвещенных и находящих отраду в науках, но и необразованную толпу приводят в изумление. Поэтому неудивительно, что с незапамятных времен являлись мужи, выдающиеся природными дарованиями, которые всю свою жизнь посвящали занятиям астрономией, побужденные, как представляется нам, не стремлением к выгоде, а страстью насытить свой дух приятностью самого дела».

Причиной, побудившей к занятиям астрономией самого Ломоносова, было его глубокое убеждение в том, что астрономия, как и другие науки, может принести большую пользу русскому народу. Он считал, что для изучения этой науки наша страна, с ее громадной территорией, «удобнее» многих других государств. В «Слове похвальном» императрице Елизавете Петровне, произнесенном в ноябре 1749 г., Ломоносов говорил: «...где удобнее совершиться может звездочетная и землемерная наука, как в обширной ея величества державе (т. е.



М. В. Ломоносов

России.— В. Ч.), над которою Солнце целую половину своего течения совершает и в которой каждое светило восходящее и заходящее, в едино мгновение видеть можно».

Начав свои занятия астрономией в 40-х гг. XVIII века, т. е. в то время, когда многие проблемы этой науки, благодаря трудам таких «выдающихся природными дарованиями» мужей науки, как Коперник, Галилей, Кеплер, Гёвель, Кассини, Гюйгенс, Ньютон, Флемстид, Галлей были уже решены, Ломоносов тем не менее многое сделал для дальнейшего развития этой области знания, обогатив ее «новыми приращениями», сделать которые он «всегда был одержим желанием».

Вклад Ломоносова в развитие астрономии ос-

вещался в литературе уже неоднократно и перечислять здесь все его работы, которыми он обогатил эту науку нет, по-видимому, необходимости. Здесь мы хотим рассмотреть его творчество в области астрономии в другом аспекте, в котором оно до сих пор почти не рассматривалось.

Известно, что помимо научных трудов Ломоносов почти всю жизнь занимался поэзией (первое известное нам его стихотворение относится к 1734 г., последнее — к 1764 г.), и в этом творчестве он большое место отводил воспеванию науки, ее величия, ее значения в жизни человека.

Какое же место занимала в поэтическом творчестве Ломоносова астрономия?

Первой работой Ломоносова, непосредственно связанной с астрономией, был, как известно, его перевод с немецкого языка на русский книги петербургского астронома Готфрида Гейнзлуса «Описание в начале 1744 года явившейся кометы», выполненный весной 1744 г. Однако еще до этого он много размышлял о строении Вселенной.

Глубоко изучив, по-видимому, еще в период пребывания в Марбургском университете фактический материал, добытый астрономией, он к 1743 г. пришел к очень важным материалистическим обобщениям, касающимся вопросов бесконечности Вселенной и множественности обитаемых миров. Ломоносов изложил их в своем прекрасном стихотворении «Вечернее размышление о божием величестве при случае великого северного сияния».

«Лицо свое скрывает день,
Поля покрыла мрачна ночь,
Взошла на горы черна тень,
Лучи от нас склонились прочь.
Открылась бездна звезд полна;
Звездам числа нет, бездне дна.

.....
Там разных множество Светов,
Несчетны солнца там горят,
Народы там и круг веков...»

Как умело использовал великий ученый поэзию, чтобы изложить идею бесконечности Вселенной! А ведь официальная наука того времени, а особенно церковь, считали эту идею не только противоречащей «подлинным» представлениям о строении звездного неба, но и вредной.

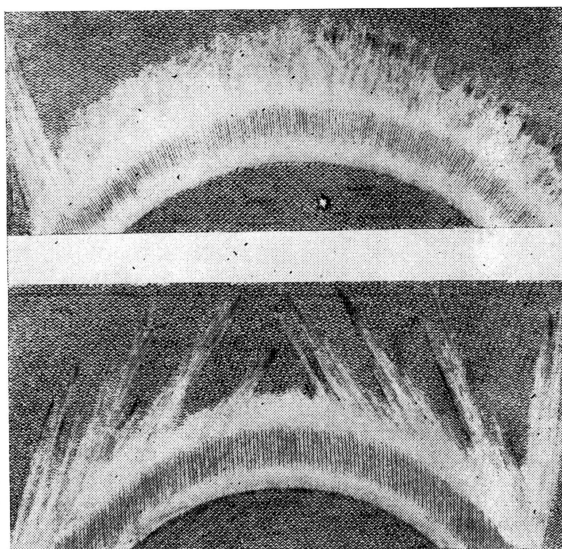
Примерно тогда же, т. е. к 1743 г., у Ломоносова сложились совершенно новые для его времени представления о природе солнечной поверхности и происходящих на ней процессах. Он так изложил их в своих стихах:

«Когда бы смертным толь высоко
Возможно было возлететь,
Чтоб к солнцу бrenно наше око
Могло приблизившись воззреть,
Тогда б со всех открылся стран
Горящий вечно океан.
Там огненны валы стремятся
И не находят берегов,
Там вихри пламенные крутятся
Борющиеся множество веков;
Там камни, как вода кипят,
Горящи там дожди шумят».

Этими строками начиналось известное стихотворение «Утреннее размышление о божием величестве», написанное в том же 1743 г. *

По достоинству оценить эти замечательные строки можно только вспомнив, что еще в первой половине XIX века природа происходящих на солнечной поверхности процессов оставалась неизвестной и что только со второй половины этого века, когда на помощь астрономии пришли фотогра-

Северные сияния над Петербургом, описанные М. В. Ломоносовым в «Вечернем размышлении о божием величестве при случае великого северного сияния». Гравюра по рисункам М. В. Ломоносова, сделанным в 1753 г.



* Оба «Размышления» были переведены на английский язык путешественником и писателем Дж. Баурингом (1792—1872), автором «Российской антологии» (1821—1823). По этой книге с русской поэзией XVIII в., в том числе и с произведениями М. В. Ломоносова, познакомился Ф. Энгельс (см. «Ломоносов. Сборник статей и материалов», т. III. М.—Л. Изд-во АН СССР, 1951, стр. 41—46).

СОБРАНИЕ РАЗНЫХЪ СОЧИНЕНИИ

ВЪ СТИХАХЪ И ВЪ ПРОЗѢ

МИХАИЛА ЛОМОНОСОВА.

КНИГА ПЕРВАЯ.



Печатано при Императорской Академии наукъ
1751 года.

«Собрание разных сочинений в стихах и в прозе» М. В. Ломоносова, изданное в 1751 г., где впервые опубликовано «Утреннее размышление о божием величестве»

фия, фотометрия и спектроскопия, она была изучена и оказалась именно такой, какой ее нарисовал в своих стихах Ломоносов.

Построив в 1748 г. первую в России научно-исследовательскую химическую лабораторию, Ломоносов провел в ней большую серию опытов по разработке рецептуры и технологии производства непрозрачного цветного стекла — смальты, предназначенной для мозаичных работ. Вспоминая позже об этой работе, он писал: «Изобрел все составы к мозаичному делу, для чего сделал больше четырех тысяч опытов, коих не токмо рецепты сочинял, но и материалы своими руками по большей части развешивал и в печь ставил...» В связи с этими работами и устройством фабрики по производству цветного стекла Ломоносов в стихотворном послании Н. И. Шувалову «Письмо о пользе стекла» (1752 г.) с исключительной яркостью описывал стекло и все те области его применения в жизни человека, которые были известны к тому времени.

«Неправо о вещах те думают, Шувалов,
Которые стекло чтут ниже минералов,
Приманчивым лучем блистающих в глаза:
Не меньше польза в нем, не меньше в нем

краса».

Так начинал великий ученый это «Письмо...». В обширном перечне тех областей человеческой

СНИМКИ ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ АМЕРИКАНСКИМИ УЧЕНЫМИ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «РЕЙНДЖЕР-8» (Февраль 1965 г.)

1. Кратеры Сабин (в центре) и Риттер (левее) и прилегающий участок Моря Спокойствия. Снимок с высоты 240 км. Показан участок размером 125×100 км. В нижней части — две «трещины» с плоским дном, расположенным на несколько сот метров ниже окружающей местности, они напоминают земные грабены. В правой верхней части — плоские области, расположенные на различных уровнях и являющиеся, вероятно, результатом застывания потоков лавы, образовавших поверхность моря. Интересны тесные цепочки кратеров, почти слившихся в единые вытянутые углубления.

2. Участок Моря Спокойствия размером около $0,6 \times 0,7$ км, сня-

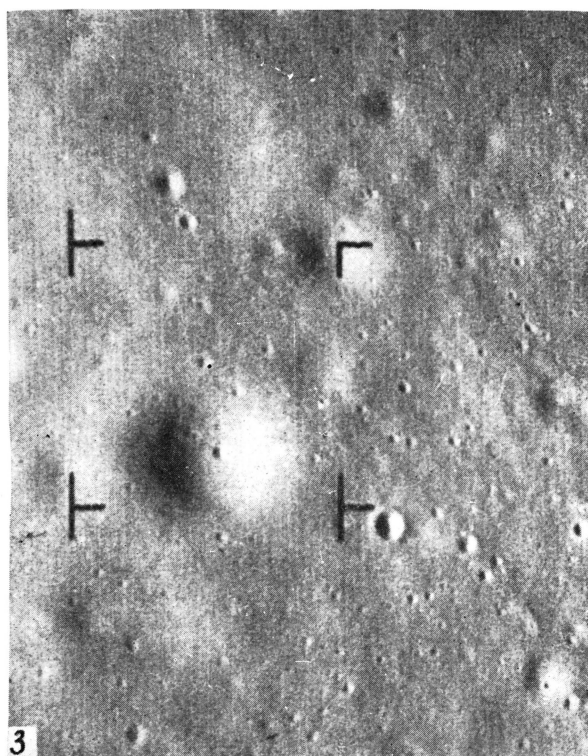
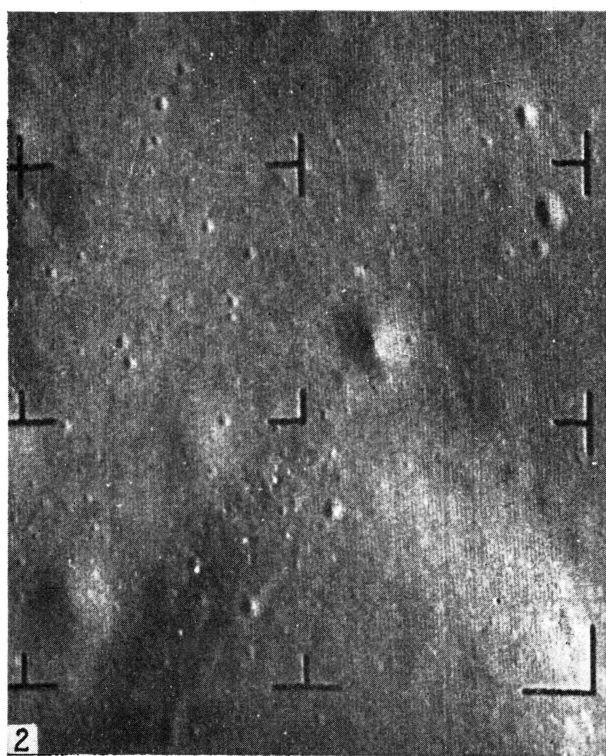
тый с высоты 8 км. Внизу видна часть кратера в 500 м поперечником с пологими склонами, сглаженными метеорной эрозией. На левой части его внутреннего склона, освещаемой скользящими лучами Солнца, видно несколько глыб, размером около 10 м. Вблизи центра — эродированный кратер необычной формы, не блюдцеобразный, а скорее воронкообразный, но, как и все кратеры, с пологими склонами. Американцы называли их «димпль-кратерами». Как возникает такая форма, остается неясным.

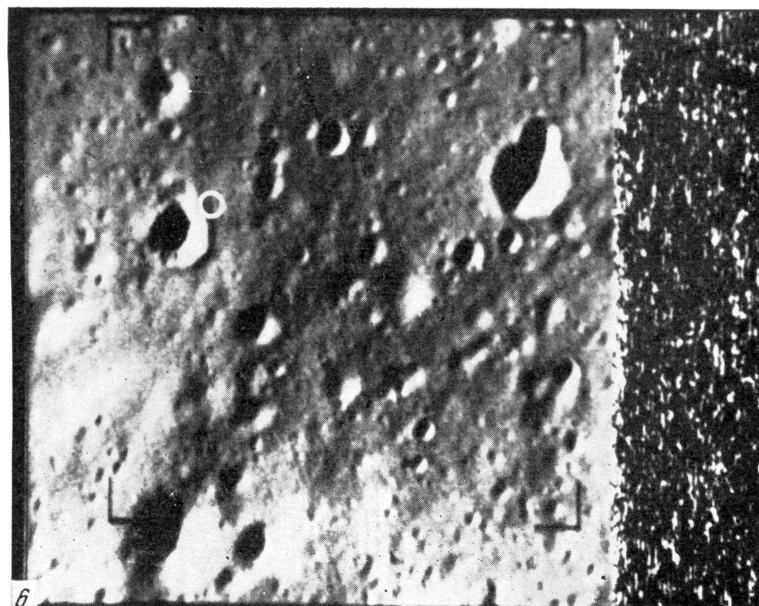
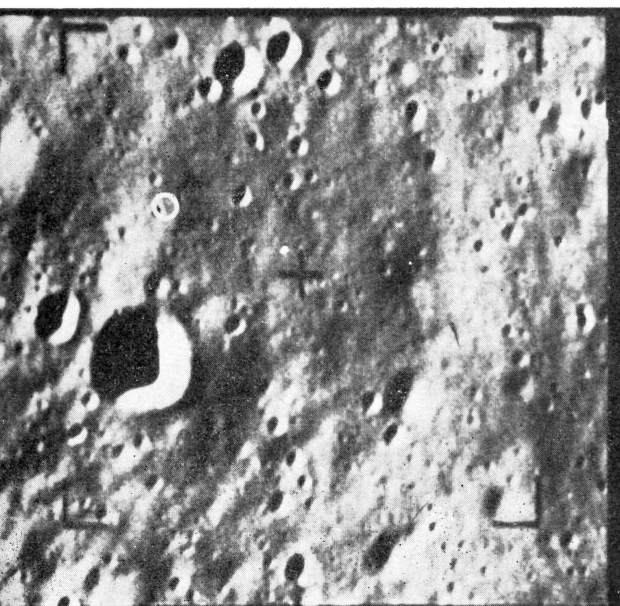
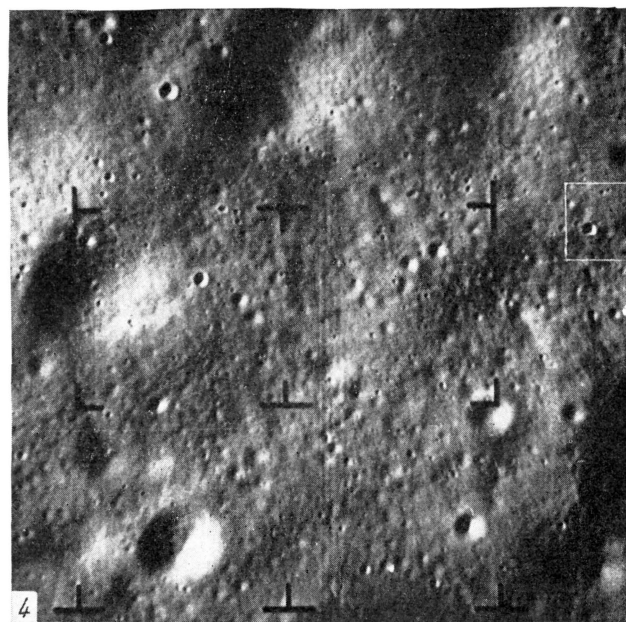
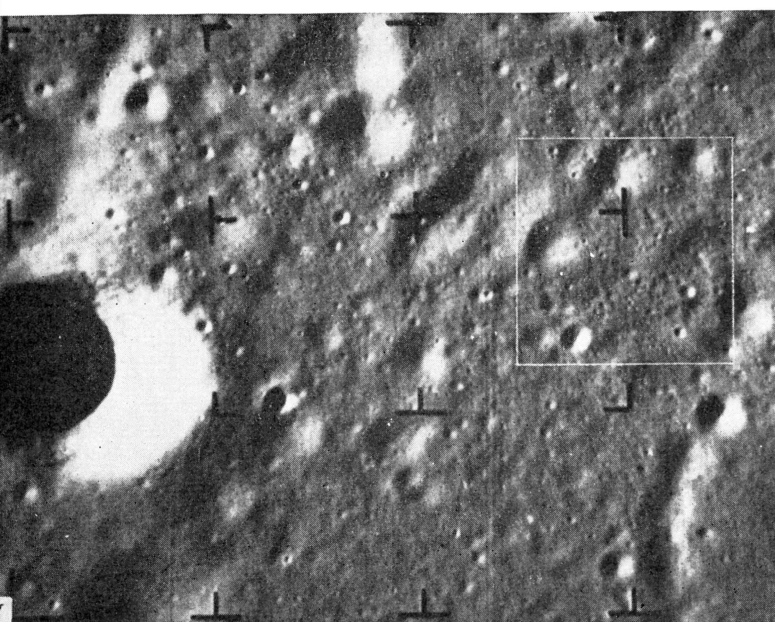
3. Участок размером $0,8 \times 1$ км (часть одного из последних кадров, снятого с высоты 3,6 км). Вся поверхность покрыта кратерами, сильно эродированными мете-

орными ударами. Их валы разрушены и многие из них представляют собой едва заметные очень пологие выемки. На их фоне видны многочисленные более молодые, в основном мелкие, кратеры с валами, еще не успевшими подвергнуться заметной эрозии.

По-видимому, на каждом участке лунной поверхности за время ее существования по нескольку раз возникали и затем стирались метеорной эрозией кратеры размером около сотни метров, не говоря уже о более мелких. Глубина таких кратеров составляет 10—20 м и потому наружный слой Луны раздроблен по крайней мере до такой глубины.

На снимках — север вверх.





деятельности, где стекло играет большую роль, установился он и на изучении человеком звездного неба. Но начал он издавна:

«Коль точно знали б мы небесные страны,
Движение планет, течение луны,
Когда бы Аристарх завистливым Клеантом
Не назван был в суде неистовым Гигантом,
Дерзнувшим землю всю от тверди потрясти,
Круг центра своего, круг солнца обнести,
Дерзнувшим научать, что все домашни боги
Терпят великой труд всегдашняя дороги:
Вертится в круг Нептун, Диана и Плутон
И страждут ту же казнь, как дерской Иксион,
И неподвижная земли богиня Веста
К упокоению сыскать не может места!

Под видом ложных сих почтения богов
Закрит был звездный мир чрез множество

веков».

Напомним в этих строках, каким яростным нападкам со стороны стойков и их главы Клеанфа (Ломоносов называет его и Клеантом) подверглась предпринятая еще в III веке до н. э. Аристархом Самосским попытка обосновать гелиоцентрическое строение нашей солнечной системы, и рассказав далее, как

«Боясь падения неправой оной веры,
Вели всегдашню брань с наукой лицемеры,
Дабы она, открыв величество небес
И разность дивную неведомых чудес,
Не показала всем...»

СНИМКИ ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ АМЕРИКАНСКИМИ УЧЕНЫМИ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «РЕЙНДЖЕР-9» (март 1965 г.)

1. Кратер Альфонс, на дно которого упал «Рейнджер-9». Снимок с высоты 430 км, сделанный за три минуты до удара, охватывает участок поверхности размером 160×160 км. В левом нижнем углу — кратер Альпетрагий. На дне Альфонса хорошо видны «трещины» (заметные также и при наблюдениях с Земли), множество мелких кратеров и вертикальная полоса, проходящая через центр кратера и являющаяся частью линейной структуры, продолжающейся к северу и к югу от Альфонса. Это одна из линейных структур, радиальных к Морю Дождей.

Особый интерес вызвали кратеры с темным ореолом, расположенные, как правило, на «трещинах». На снимках в более крупном масштабе видно, что рельеф этих кратеров сглаженный, что вероятно указывает на их большой возраст. Одни исследователи считают их проявлением вулканической деятельности, при которой выбрасывался темный пепел или пепел из вещества, особенно сильно чернеющего под действием бомбардировки протонами «солнечного ветра» [именно эта бомбардировка обуславливает черноту лунной поверхности]. Другие считают, что темное или сильнее чернеющее вещество было разбросано вокруг этих кратеров при их ударном («метеоритном») образовании.

В белой рамке — участок дна Альфонса, показанный в более крупном масштабе на снимке 2.

[Аналогично — на следующих снимках.]

2. Участок дна Альфонса размером около 20×20 км, снятый с высоты 56 км за 24 секунды до падения. В левом нижнем углу частично видна «центральная горка» Альфонса высотой около 900 м. Видно, что трещины, возникшие очень давно, по-видимому, при застывании лавы, некогда заполнившей кратер Альфонс, в результате дальнейшей метеорной эрозии и засыпания обломками и пылью превратились в углубления (долины) с очень пологими склонами. Верхний конец правой трещины вырождается в цепочку древних эродированных кратеров.

3. Участок размером $8\frac{1}{2} \times 7$ км по снимку, сделанному с высоты 20 км за 8 секунд до падения. Слева кратер в $2\frac{1}{2}$ км диаметром. Кверху от него тянется «трещина» (см. снимки 1 и 2) и хорошо видно, насколько это название условно — в настоящее время это уже больше не трещина, а пологая долина менее километра шириной. Справа — цепочка сильно эродированных кратеров, являющаяся частью другой «трещины». Как и на снимках «Рейнджера-7» и «Рейнджера-8», снятых в таком же масштабе, на фоне древних кратеров, сглаженных метеорной эрозией, зачастую до почти полного исчезновения, видны многочисленные молодые кратеры с валами, в основном мелкие. [Различимы кратеры до 50 м диаметром.]

4. Участок размером $2 \times 2\frac{1}{2}$ км по снимку с высоты 7 км, снятому за 3 секунды до удара. Видны кратеры до 10—15 м диаметром. Наиболее молодые кратеры выделяются черными тенями на внутреннем склоне и наличием вала. У мелких кратеров его высота всего несколько метров (порядка $\frac{1}{10}$ диаметра) и потому метеорная эрозия быстро разрушает такие низкие валы.

5 и 6. Последние снимки перед тем, как «Рейнджер-9» со скоростью 960 км/час врезался в поверхность Луны около кратера диаметром в 3 м. Снимок 6, сделанный с высоты в 600 м за 0,25 секунды до удара, показывает участок размером 76×68 м. Удар произошел во время телевизионной передачи этого кадра на Землю и потому справа видны «шумы», зарегистрированные приемной аппаратурой при разрушении передающей аппаратуры. Различимы кратеры поперечником 50 см.

Место падения «Рейнджер-9» обозначено кружком.

На хороших отпечатках последних кадров различимы глыбы размером около 1 м, возвышающиеся на 20—30 см над окружающей поверхностью. Предполагается, что они были выброшены при образовании кратера, поперечником около 50 м, видимого на снимках 4 и 5 (наибольший кратер на снимке 5).

На снимках — север вверху.

истинную картину мироздания, противоречивую религиозным догмам, Ломоносов продолжал:

«Оттоле землю все считали посреде
Астроном весь свой век в бесплодном был труде
Запутан циклами, пока восстал Коперник,
Презритель зависти и варварству соперник;
В середине всех Планет он солнцу положил,
Сугубое земли движение открыл:
Однем круг центра путь вседневный совершает
Другим круг солнца год теченьем составляет,
Он циклы истинной Системой растерзал
И правду точностью явлений доказал.
Потом Гугении, Кеплеры и Невтоны,
Преломленных лучей в Стекле познав законы,
Разумной подлинно уверили весь свет,
Коперник что учил, сомнения в том нет».

Более красочного описания истории борьбы передовой науки с религией за гелиоцентрическую систему мира вряд ли можно желать.

Ревностный защитник гелиоцентрической системы мира и учения о множественности обитаемых миров, Ломоносов и в дальнейшем продолжал популяризовать эти передовые идеи, как в научном, так и в поэтическом творчестве.

В 1761 г. Ломоносовым было сделано замечательное открытие. Наблюдая 26 мая этого года редкое астрономическое явление — прохождение Венеры по диску Солнца, он установил, «что планета Венера окружена знатною воздушною атмосферою, таковою (лишь бы не большею), какова обливается около нашего шара земного».

Написав и опубликовав тогда же специальную работу по этому вопросу — «Явление Венеры на Солнце, наблюденное в Санктпетербургской императорской Академии наук мая 26 дня 1761 года», Ломоносов снабдил ее специальным «Прибавлением», в котором попытался определить, какое значение может иметь для дальнейшего развития представлений о строении Вселенной сделанное им открытие и какую оно может вызвать реакцию со стороны церковников.

«Читая здесь о великой атмосфере около упомянутой планеты (т. е. Венеры.— В. Ч.),— писал в этом «Прибавлении» Ломоносов,— скажет кто: подумать-де можно, что в ней потому и пары восходят, спускаются облака, падают дожди, протекают ручьи, собираются в реки, реки втекают в моря, произрастают везде разные прозябания, ими питаются животные. И сие-де, подобно Коперниковой системе, противно-де закону. От таковых размышлений происходит подобный спор о движении и о состоянии Земли».

Рассказывая далее, как развивался этот спор во времени, Ломоносов писал:

«Древние астрономы (еще задолго до рождения Христова): Никита Сиракузинец признал дневное Земли около своей оси обращение, Филолай — годовое около Солнца. Сто лет после того Аристарх Самийский показал солнечную систему яснее. Однако эллинские жрецы и суеверы тому противились и правду на много веков погасили. Первый Клеант некто доносил на Аристарха, что он по своей системе о движении Земли дерзнул подвинуть с места великую богиню Весту, всяя Земли содержательницу, дерзнул беспрестанно вертеть Нептуна, Плутона, Цересу, всех нимф, богов лесных и домашних по всей Земле. Итак, идолопоклонническое суеверие держало астрономическую Землю в своих члостях, не давая ей двигаться, хотя она сама свое дело и божие повеление всегда исполняла. Между тем астрономы принуждены были выдумывать для изъяснения небесных явлений глупые и с механикою и геометриею прекословящие пути планетам, циклы и эпициклы (круги и побочные круги).

Ихаль, что тогда не было таких остроумных поваров, как следующий:

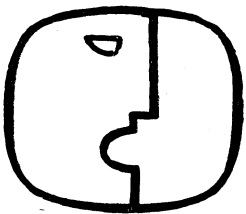
Случились вместе два астронома в пиру,
И спорили весьма между собой в жару.
Один твердил: Земля, вертясь, круг Солнца ходит;

Другой — что Солнце все с собой планеты водит;
Один Коперник был, другой слыл Птоломей.
Тут повар спор решил усмешкою своей.
Хозяин спрашивал: — Ты звезд течение знаешь?
Скажи, как ты о сем сомненье рассуждаешь?
Он дал такой ответ: — Что в том Коперник прав,
Я правду докажу, на Солнце не бывав.
Кто видел простака из поваров такого,
Который бы вертел очаг кругом жаркого?

Коперник возобновил, наконец, солнечную систему, коя имя его ныне носит, показал преславное употребление ее в астрономии, которое после Невтона и другие великие математики и астрономы довели до такой точности, какую ныне видим в предсказаниях небесных явлений, чего по земнотоятельной системе отнюдь достигнуть невозможно».

Как видим, Ломоносов и здесь не упустил случая, чтобы изложить в стихотворной форме некоторые вопросы мироздания.

Приведенные примеры показывают, как тесно переплетались у него научное и поэтическое творчество и как широко использовал он свою поэзию для популяризации науки, а в том числе и астрономии, всегда остававшейся одной из наиболее любимых им наук.



СИМПОЗИУМЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. СЪЕЗДЫ

ПРОБЛЕМА БЕСКОНЕЧНОСТИ ВСЕЛЕННОЙ В СОВРЕМЕННОЙ КОСМОЛОГИИ

(Симпозиум в Москве 19—20 мая 1965 г.)

Проблема бесконечности Вселенной — одна из самых сложных, еще не решенных проблем, с которыми имеет дело современная наука. Обычно считается, что эта проблема относится всецело к компетенции естественных наук, прежде всего космологии. По мнению некоторых философов, наоборот, эта проблема чисто философская, причем доказательство конечности или бесконечности Вселенной методами естествознания принципиально невозможно. Наконец, неоднократно высказывалась и такая точка зрения, что проблема бесконечности Вселенной должна быть отнесена к числу пограничных проблем, возникающих на стыке математики, естествознания и философии. В зависимости от того, какой позиции придерживается тот или иной ученый, он часто совершенно по-раз-

ному подходит к постановке и решению этой сложнейшей проблемы.

Обсуждение проблемы бесконечности Вселенной состоялось на симпозиуме, организованном Центральным бюро философских (методологических) семинаров при Научном совете по философским вопросам естествознания Академии наук СССР. В нем приняли участие ученые разных специальностей — астрономы, физики, математики, философы. Симпозиум был посвящен памяти великого физика и философа Альберта Эйнштейна, десятилетие со дня смерти которого исполнилось в этом году.

Симпозиум открыл вступительным словом известный советский физик, профессор И. М. Халатников. Он подчеркнул, что хотя сама по себе проблема бесконечности

Вселенной неисчерпаема и стара, как мир, и что очень легко, занимаясь этой проблемой, скатиться в схоластику, тем не менее конкретное ее обсуждение учеными разных специальностей может оказаться плодотворным. Затем были заслушаны доклады академика Эстонской Академии наук Г. И. Наана «Понятие бесконечности в математике, физике и астрономии» и кандидата физико-математических наук А. Л. Зельманова «О бесконечности материального мира».

Г. И. Наан выразил мнение, что в утверждениях типа «космология доказывает, что Вселенная бесконечна (конечна)» чаще всего остается непонятным, что понимается под космологией, под доказательством, под Вселенной и под бесконечностью. О неопределенности термина «космология» свидетельствует обилие прилагательных — астрономическая, физическая, наблюдательная, теоретическая и т. д. Понятие «Вселенная» применяется в пяти-шести различных значениях. Далее, как показано в докладе, существует по крайней мере десяток различных типов бесконечности. Г. И. Наан подробно проанализировал смысл таких понятий, как практическая бесконечность, бесконечность как безграничность, метрическая, топологическая, теоретико-множественная бесконечность, интенсивная и экстенсивная, актуальная и потенциальная, метаматематическая бесконечность. Все это, подчеркнул докладчик, красноречиво говорит о необходимости хотя бы мини-

мального уточнения основных понятий, связанных с бесконечностью Вселенной.

Состояние проблемы бесконечности в космологии, по словам Г. И. Наана, определяется в любую историческую эпоху тремя обстоятельствами. Первое, — состояние проблемы в математике, поскольку бесконечность — понятие математическое. Второе, — физическая теория, связывающая свойства пространства и времени со свойствами материи. Третье, — возможность сравнивать космологические построения с данными наблюдений, т. е. сравнивать предсказания физической теории и через нее соответствующий математический эталон бесконечности с реальностью.

До 1916 г. космология оперировала только понятием бесконечности Вселенной как неограниченной протяженности. Но еще во второй половине прошлого века и особенно после создания общей теории относительности стало ясно, что безграничность пространства еще не означает его бесконечности, неограниченной протяженности. Отсутствие у пространства каких-либо границ еще не означает, что в нем имеется сколь угодно большое расстояние (т. е. объем пространства может быть конечным). Поэтому в современной (релятивистской) космологии приобрело основное значение понятие метрической бесконечности.

В современной космологии чаще всего применяются однородные изотропные модели, разработанные выдающимся советским математиком А. А. Фридманом. Структурные особенности этих моделей сравнительно просты, и в каком-то смысле даже наглядны. В частности, единое пространство — время для этих моделей расширяется на однородное пространство и универсальное «мировое» время, в связи с чем возможна постановка вопроса отдель-

но о пространственной и временной бесконечности Вселенной.

Конечность или бесконечность пространства в данном случае однозначно определяется по его кривизне: если кривизна положительна, то пространство конечно*, если она отрицательна или равна нулю — пространство бесконечно. На протяжении нескольких десятилетий однородные изотропные космологические модели, как пра-



Г. И. Наан

вило, истолковывались в качестве вполне адекватных **моделей Вселенной**, а метрическая бесконечность — как просто бесконечность, бесконечность вообще. Отсюда делался и делается сейчас вывод, что вопрос о конечности или бесконечности Вселенной в пространстве будет сравнительно просто решен, как только данные астрономических наблюдений станут не-

* Но при этом пространство безгранично, т. е. ничем не ограничено, подобно тому, как поверхность шара имеет конечную площадь, но не имеет границ (в отличие, скажем, от круга части плоскости, ограниченной окружностью).

сколько обширнее и точнее. В зависимости от этого решается и вопрос о конечности или бесконечности Вселенной во времени. Если рассматривать космологические модели как модели Вселенной (а не ее части — Метагалактики), то начало расширения есть не просто некий момент на шкале времени, а в каком-то смысле — «начало времени», т. е. момент, определяющий «возраст Вселенной» (разумеется, за всеми этими терминами не кроется чего-либо мистического).

Г. И. Наан выразил несогласие с этим традиционным подходом к вопросу. Даже для однородных изотропных моделей кривизна однозначно определяет конечность или бесконечность пространства лишь в некоторых специальных случаях (односвязность пространства), в общем случае вопрос оказывается гораздо более сложным. Если к тому же учесть, что однородные изотропные модели представляют собой далеко идущую идеализацию действительности — реальная Вселенная определенно обнаруживает свойства анизотропии и неоднородности, — то отпадают основания считать, что уточнение данных о кривизне метагалактического пространства позволяет решить проблему пространственной конечности или бесконечности Вселенной. Речь может идти лишь о конечности или бесконечности конкретных космических систем, в частности Метагалактики, притом в определенном смысле, например, метрическом. Это — чисто физическая проблема, относящаяся к компетенции космологии. Проблема бесконечности Вселенной — более общая и более сложная, она является пограничной проблемой физики, астрономии, математики и философии. Процесс решения этой второй проблемы, как считает Г. И. Наан, не может состоять из конечного числа этапов, т. е. не может завершиться за конечное время существования

любой из цивилизаций (включая земную).

В заключение Г. И. Наан подверг критике работы некоторых философов, которые исходят не из конкретного математического и естественнонаучного материала, а из устаревших философских определений. Он подчеркнул, что философские представления о бесконечности должны складываться на основе обобщения математических и космологических представлений о ней и должны достаточно быстро пересматриваться и углубляться по мере накопления конкретных естественнонаучных данных.

А. Л. Зельманов в своем докладе сформулировал различие между понятиями «бесконечность материального мира» и «бесконечность Вселенной». Бесконечность материального мира есть его бесконечное многообразие, реализующееся в пространстве и времени. Существует три главных аспекта этого многообразия: 1) многообразие физических явлений, отражаемое системой основных физических теорий; 2) многообразие взаимодействий, объектов и масштабов, отражаемое структурно-масштабной лестницей, т. е. последовательностью структурных образований разного масштаба и разной степени сложности; 3) аспект, связанный с проблемой бесконечности и конечности пространства и времени. Именно этот последний вопрос, по мнению А. Л. Зельманова, и рассматривается обычно как вопрос о конечности и бесконечности Вселенной.

Проблема бесконечности материального мира более широка, чем проблема бесконечности Вселенной — это задача всего естествознания. Она вместе с тем (но не главным образом и не исключительно) также проблема философии. Что же касается более узкой проблемы — бесконечности Вселенной (в указанном выше смысле), то она представляет собой за-

дачу прежде всего космологии. А. Л. Зельманов привел предложенное им определение космологии: космология — физическое учение о Вселенной в целом, включающее в себя теорию всей охваченной астрономическими наблюдениями области как части Вселенной. (Это определение уточняет формулировку, данную в его статье «Космология» в БСЭ.)

Для решения обоих вопросов — как о бесконечности Вселенной,



А. Л. Зельманов

так и о бесконечности материального мира — мы располагаем сведениями трех типов: во-первых, эмпирическими (астрономическими и физическими), во-вторых, физико-теоретическими и, в-третьих, более общими сведениями — философскими и математическими. Все эти сведения получены в ограниченной области — охваченной наблюдениями части Вселенной. Возникает вопрос: можно ли их применять за пределами той области, внутри которой они получены? А. Л. Зельманов подчеркнул, что принцип материалистического монизма или, что то же самое, принцип материального единства мира был бы лишен всякого смысла, если бы мы не требовали признания его справедливости всюду за пределами этой области и, следовательно, не признавали пригодности некоторых сведений для сколь угодно далеких космологи-

ческих обобщений и для выхода за пределы той области, где они установлены и применяются.

С этой точки зрения А. Л. Зельманов проанализировал «космологическую экстраполябельность» сведений разных типов. Он показал, что такие, например, эмпирические сведения, как данные о распределении и движении галактик, не обладают универсальной экстраполябельностью. Что касается основных физических теорий, то самые общие из них две — общая теория относительности и релятивистская квантовая механика. Обычно считается, что общая теория относительности в области больших масштабов обладает универсальной экстраполябельностью. Такую точку зрения А. Л. Зельманов считает неправильной. Адекватная теория должна предсказывать только то, что действительно существует, и ничего лишнего. Вселенная существует в «одном экземпляре». Следовательно космологическая теория должна либо давать одну модель Вселенной, либо приводить к выводу неправомерности самой постановки космологической проблемы, как проблемы построения «модели Вселенной». Но общая теория относительности дает множество «моделей Вселенной». Значит, она недостаточна для решения вопроса о модели Вселенной как целого. Далее, можно представить себе такие, еще не изученные физические условия во Вселенной, в которых играют одинаково важную роль гравитационные, релятивистские и квантовые эффекты. Адекватное описание этих условий, быть может, даст, по мнению А. Л. Зельманова, пока не созданная теория, представляющая собой синтез общей теории относительности и релятивистской квантовой теории. А. Л. Зельманов назвал ее условно «единой физической теорией». Она будет наиболее общей по отношению к другим физическим теориям и будет обла-

дать наибольшей (возможно, даже универсальной) космологической экстраполябельностью. В связи с этим А. Л. Зельманов выразил несогласие с утверждением, что неограниченной экстраполябельностью обладают только философские положения.

Рассматривая вопрос о бесконечности Вселенной в пространстве и времени, А. Л. Зельманов показал, что ответ на вопрос о конечности или бесконечности пространства, вообще говоря, зависит от системы отсчета. Если мы имеем какую-то пространственно-временную область, то ее пространственные сечения, связанные с различным образом движущимися системами отсчета, могут быть в одном случае конечными, а в другом — бесконечными по своему объему для одной и той же пространственно-временной области. Это справедливо как для пустых, так, по крайней мере в некоторых случаях, и для непустых моделей. Что касается времени, то как было показано в известной работе Оппенгеймера и Снайдера (1939 г.), длительность процесса может быть конечна в одной системе отсчета и бесконечна в другой. Все эти несколько «экстравагантные» результаты должны показывать неправомерность прежнего противопоставления конечности и бесконечности Вселенной, как взаимоисключающих возможностей. Обычно считается, что Вселенная во всяком случае бесконечна в пространстве — времени. По мнению А. Л. Зельманова, единая физическая теория, если она будет создана, может пересмотреть и это утверждение, поскольку в ней, вероятно, произойдет отказ от универсального использования понятия метрики и, следовательно, метрической бесконечности.

После докладов развернулась оживленная дискуссия.

Острые споры вызвал вопрос, какое место в разработке проблемы бесконечности Вселенной дол-

жна занимать философия. Некоторая часть философов — профессор В. И. Свидерский, кандидаты философских наук А. С. Кармин и С. Т. Мелюхин — отстаивали идею об определенном приоритете философии по отношению к математике и естественным наукам в решении этой проблемы. Согласно развиваемой ими точке зрения, сфера действия любых естественнонаучных законов принципиально ограничена, ни один из них нельзя экстраполировать на Вселенную как целое. Универсальной экстраполябельностью обладают только положения философии, которая изучает реальную бесконечность Вселенной, тогда как различные типы бесконечности, применяемые в математике, физике, космологии, представляют собой лишь отдельные аспекты реальной бесконечности Вселенной, некоторые естественнонаучные абстракции этой бесконечности. Реальная бесконечность Вселенной — ее бесконечное качественное многообразие. Признание пространственной конечности Вселенной ни в какой мере не совместимо с диалектическим материализмом.

Изложенная точка зрения и отдельные ее аспекты вызвали возражения у других участников симпозиума. Доктор физико-математических наук М. Ф. Широков, кандидаты физико-математических наук А. В. Кузнецов и И. Д. Новиков, кандидаты философских наук И. А. Акчурина, Я. Ф. Аскин, Л. Б. Баженов, П. А. Федченко, Э. М. Чудинов отметили, что «чисто философский» подход мало что дает космологии. Он приводит во многих отношениях лишь к словесному «решению» проблемы и, вопреки утверждениям его приверженцев, сам является гораздо более абстрактным, чем, например, подход к проблеме, сформулированный в докладах Г. И. Наана и А. Л. Зельманова. Невольно создается даже впечатление, что по-

нятие бесконечности в философии — это одно, а понятие бесконечности в математике и естествознании — нечто совершенно другое. Доктора физико-математических наук И. М. Халатников, Д. А. Франк-Каменецкий и другие критиковали утверждение, что закрытые модели Вселенной противоречат диалектическому материализму. Создание «моделей Вселенной» представляет собой отражение лишь некоторых сторон действительности; эти модели не находятся в противоречии с представлением о бесконечном многообразии окружающего нас мира.

Большинство выступавших, поддерживая основные положения докладов, подчеркивало актуальность дальнейшей разработки некоторых понятий и представлений диалектического материализма на основе многочисленных достижений науки, решительно возражая против попыток представить философские представления, отражающие уже пройденный наукой этап, в качестве непреложных истин. Современная наука, сказал И. А. Акчурина, испытывает такую ломку понятий и представлений, которой не было еще никогда. Философия диалектического материализма, базисом которой служат данные специальных наук, естественно не должна оставаться в стороне от этого процесса.

Симпозиум прошел интересно, дискуссия носила корректный характер, без наклеивания порочащих ярлыков, как не раз бывало в прошлом. Симпозиум продемонстрировал, с одной стороны, возросший уровень естественнонаучной культуры философов и, с другой, заинтересованность физиков, астрономов, космологов в обсуждении важнейших философских аспектов такой фундаментальной проблемы науки, какой является проблема бесконечности Вселенной.

В. В. КАЗЮТИНСКИЙ
Фото О. В. ЧИРКИНА

ГРАВИТАЦИОННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ В ТБИЛИСИ

Как известно, общая теория относительности создана в 1916 г. Тогда же были получены первые точные решения сложных уравнений теории, наиболее ценное из которых — решение Шварцшильда для поля сферически симметричной массы. Важнейшая область применения общей теории относительности — космология, построение модели Вселенной. Советский ученый А. А. Фридман в 1922 г. получил нестационарные космологические решения уравнений Эйнштейна, являющиеся основой современной космологии.

После первых успехов в последующее за этим тридцатилетие общая теория относительности была временно забыта. Частично это объясняется математической сложностью теории и отсутствием объектов применения, т. е. тел с очень сильными полями тяготения. Но не это главное. Создание общей теории относительности совпало с рождением квантовой механики — науки микромира. В создании квантовой механики принимали участие наиболее выдающиеся физики нашего века — Бор, Гейзенберг, Борн, Дирак и многие другие. По богатству идей, математической строгости и изяществу она вряд ли превосходила общую теорию относительности, но было у нее одно бесспорное преимущество — непосредственная близость к практике, к эксперименту, что и оказалось решающим.

Все возрастающий в последние годы интерес к общей теории относительности также обусловлен успехами эксперимента, наблюдательной астрономии, особенно новых ее областей — радиоастрономии и рентгеновской астрономии.

Новые экспериментальные данные о сверхзвездах говорят о явлениях гигантских масштабов, о массах порядка массы Галактики, сконцентрированных в миллионы раз меньших объемах. Сверхзвезды находятся от нас на расстоянии в сотни миллионов парсек и движутся от нас со скоростью, равной половине световой и больше. Для таких масштабов механика Ньютона неприменима, и это дало толчок развитию общей теории относительности и новому глубокому анализу ее принципиальных физических основ. Созыв советских гравитационных конференций, становящихся уже традицией, связан с этими новыми тенденциями развития мировой науки.

В работе второй советской гравитационной конференции приняли участие физики-теоретики и экспериментаторы, астрономы и геологи, а также зарубежные гости — ученые из Болгарии, ГДР, Польши.

Конференция открылась докладом академика В. А. Фока «Об основных принципах теории тяготения Эйнштейна». По мнению В. А. Фока, общая теория относительности, не оправдывает своего

названия, ибо является только теорией тяготения.

Ковариантная, т. е. одинаковая по форме, запись законов физики в произвольных системах координат в этой теории не выражает физической общей относительности, а является лишь математическим достижением теории. В дискуссии по докладу некоторые из выступавших оспаривали взгляды В. А. Фока; говорили об отсутствии физически выделенных систем координат, кроме локально галилеевых (т. е. движущихся свободно по инерции). Подчеркивали, что общая теория относительности содержит не только теорию тяготения, а поэтому оправдывает свое название.

В первый день конференции состоялся также обзорный доклад профессора А. З. Петрова «О гравитационных волнах в современной теории гравитации». У ученых в настоящее время нет единого мнения относительно гравитационных волн. Различными авторами предложено около десяти способов описания энергии поля тяготения так называемых псевдотензоров энергии-импульса гравитационного поля. Использование их дает различные количественные и качественные результаты. По определению, данному в докладе, гравитационные волны — это возмущения гравитационного поля, движущиеся с конечной скоростью и несущие энергию. Однако, если пользоваться некоторыми видами псевдотензора энергии-импульса, то в результате получается, что гравитационные волны не несут энергии. Теория гравитационных волн очень сложна, и соответствующие решения получены только для слабого поля тяготения в линейном приближении, в то время как общая теория относительности является нелинейной теорией. Как отмечалось в докладе А. З. Петрова, возможно, что на пути решения нелинейных уравнений общей теории относительности удастся разрешить этот вопрос. О том, насколько неясным является вопрос о гравитационных волнах, можно судить по полемическому вопросу, розданному Оргкомитетом всем участникам конференции. Половина вопросов в нем была посвящена гравитационным волнам, а первый был такой: «Существуют ли гравитационные волны?».

В дискуссии по докладу принимали участие сторонники различных теорий гравитационных волн. Они не выражали сомнения в их существовании, но свойства этих волн представлялись для всех по-разному.

Естественно, что на конференции нельзя решить столь сложный вопрос, нужны дальнейшие исследования.

Экспериментальные возможности обнаружения гравитационных волн рассматривались в докладе В. Б. Брагинского. Предполагается исследование гравитационного излучения от тесных двойных звезд. Они самый мощный постоянно действующий источник гравитационного излучения в окружающем нас пространстве. В эксперименте необходима точность измерения смещения частей прибора до 10^{-16} см! Напомним, что размеры атома гораздо больше: 10^{-8} см. Сейчас разработана и налаживается аппаратура для получения такой огромной точности*.

Доклад академика Я. Б. Зельдовича «Неизбеж-

* Подробнее об этом см. статью В. Б. Брагинского (стр. 23—26).

ность общей теории относительности» был посвящен ее защите от модных, но бесплодных многочисленных попыток ее ревизии и модернизации. Была показана неправомочность таких гипотез, как переменность мировых констант во времени, существование отрицательных масс. Показана невозможность описания тяготения полем в плоском евклидовом пространстве и непоследовательность идеи Маха о том, что инерция тел определяется влиянием всех других масс Вселенной. Общая теория относительности логически замкнута и непротиворечива как сама, так и в применении к космологии. Необходимость ее видоизменения и развития возникает в области, где квантовые флуктуации метрики становятся существенны, т. е. для длин 10^{-32} см или при плотности порядка 10^{96} г/см³. Все это очень далеко за пределами сегодняшних экспериментальных возможностей. Показана неправильность применения космологического решения Фридмана к Земле и вывода о ее расширении. В докладе отмечается, что попытки ревизии общей теории относительности не имеют никакой экспериментальной или логической основы и только отвлекают ученых от основных проблем.

Затем состоялась очень бурная дискуссия, в которой приняли участие в основном сторонники модернизации, но убедительных доводов в ее пользу приведено не было.

В докладе Н. А. Черникова была развита кинетическая теория релятивистского газа. В работе применен чрезвычайно сложный и громоздкий математический аппарат и получены в теории Эйнштейна некоторые результаты, аналогичные имеющимся в классической кинетической теории газов относительно коэффициента переноса и уравнений гидродинамики.

Второй доклад Я. Б. Зельдовича был посвящен космологической проблеме. В нем рассмотрены на основе решений общей теории относительности однородные изотропные и аксиально-симметричные космологические модели с общим магнитным полем. Обсуждались условия в Метагалактике на ранней стадии ее расширения, когда плотность вещества была много больше современной.

Была высказана возможность существования в ту эпоху большого количества кварков — гипотетических частиц с дробным зарядом (по отношению к заряду электрона) и большой массой (по сравнению с массой протона). Экспериментаторы сейчас заняты интенсивными поисками кварков в земном веществе.

Важнейшей экспериментальной проблемой является также определение плотности вещества в пространстве, что важно для анализа вопроса о том, имеет ли межгалактическое пространство положительную или отрицательную кривизну.

Доклады академика Эстонской Академии наук Х. П. Кереса, члена-корреспондента Грузинской Академии наук М. М. Миранишвили и их сотрудников были посвящены исследованию связи эйнштейновской и ньютоновской теории тяготения, физической интерпретации некоторых решений, тензору энергии-импульса гравитационного поля.

Профессор Д. Д. Иваненко посвятил свой доклад возможности создания единой теории поля. В нем, в частности, обсуждалось предположение Д. Д. Иваненко и Д. Ф. Куртгеладзе о связи космологии с теорией элементарных частиц.

Способ описания поля тяготения с помощью

так называемой тетрадной формулировки был рассмотрен в докладе В. И. Родичева; квантовые эффекты гравитационного поля — в совместной работе Д. Д. Иваненко и Ю. С. Владимирова. Гипотеза существования тел с отрицательной массой обсуждалась в выступлении Я. П. Терлецкого.

Космологии посвящены доклады М. Ф. Широкова «К теории локально неоднородной Вселенной» и А. С. Компанейца и А. С. Чернова «Решение уравнений гравитации в однородной анизотропной модели».

Одной из главных областей применимости общей теории относительности является теория равновесия звезд. Если у звезды с массой примерно такой же, как и масса Солнца, плотность вещества будет около 10^{14} г/см³ и выше, то гравитационное поле вблизи звезды возрастет настолько, что становится необходимым применение общей теории относительности. Звезды такой плотности состоят, как предполагалось, в основном из нейтронов. Теория равновесия такой нейтронной звезды создана впервые Оппенгеймером и Волковым в 1939 г.

В работах академика В. А. Амбарцумяна и его сотрудников развивалась теория сверхплотных звезд с учетом современных представлений о свойствах вещества при плотностях больших 10^{15} г/см³. При столь высоких плотностях нестабильные в обычных условиях элементарные частицы становятся стабильными и составляют значительную часть массы звезды. Приобретает существенное значение ядерное отталкивание частиц, поэтому, рассчитывая строение звезд, нужно использовать уравнение состояния реального газа. Результаты работ, где учтены все эти факторы, были представлены в совместном докладе Г. С. Саакяна, Ю. Л. Вартаняна и Э. В. Чубаряна «Теория сверхплотных небесных тел». Предельная масса звезды, для которой возможно существование устойчивых сверхплотных состояний, оказывается около двух масс Солнца, вместо 0,7 солнечных масс, полученных Оппенгеймером и Волковым, которые не учитывали тяжелые частицы и ядерное отталкивание нейтронов. В докладе обсуждалось равновесное состояние звезды с отрицательным дефектом массы, т. е. такое состояние, для которого энергетически более выгодно разлет вещества на бесконечность. Существование таких состояний было объяснено нелинейностью уравнений Эйнштейна и названо специфическим свойством общей теории относительности.

В докладе И. Д. Новикова «Релятивистские стадии эволюции звезд» вопрос существования равновесных состояний с отрицательным дефектом массы был разрешен с более общей точки зрения. Было показано, что это не есть специфическое свойство общей теории относительности. Состояния с отрицательным дефектом массы возможны и не в теории относительности, если учесть отклонения свойств реального вещества от свойств идеального газа. Дано наглядное графическое истолкование этого свойства. В докладе были рассмотрены последние стадии эволюции звезд различной массы. Звезды с массой меньше 1,5 солнечной заканчивают свой эволюционный путь, превращаясь в белых карликов. Переход в состояние белых карликов возможен без взрыва, «спокойным» путем. Звезды с массой между 1,5 и 2 массами Солнца должны претерпевать взрыв или катастрофическое сжатие, в результате которого они

могут перейти в нейтронную или гиперонную звезду. Звезды с массой больше двух солнечных сжимаются и превращаются в застывшую звезду — объект специфически релятивистский с огромным гравитационным полем у поверхности. Все процессы на звезде, благодаря замедлению времени в сильном поле тяготения, застыли для внешнего наблюдателя, для которого звезда «обнаруживает» признаки жизни только своим гравитационным полем. Последние стадии эволюции звезды требуют дальнейшего теоретического исследования, так как до сих пор не рассмотрены в достаточной мере вопросы, связанные с потерей массы, возможностью взрыва всей звезды, эффекты вращения магнитного поля.

Обзор последних экспериментальных данных о сверхзвездах и космических источниках рентгеновского излучения был дан в докладе И. С. Шкловского и выступлении Л. М. Озерного. И. С. Шкловским высказаны аргументы в пользу того, что не-

давно обнаруженные источники рентгеновского излучения являются нейтронными звездами. Обнаружено около 10 таких источников. Анализ показал, что они расположены в нашей Галактике и не противоречат представлениям о нейтронной звезде. Для окончательного решения этого вопроса необходимы новые данные наблюдений.

Таковы основные проблемы, обсуждавшиеся на конференции в Тбилиси. Конференция была хорошо организована и прошла успешно. На заседании Советской гравитационной комиссии, состоявшемся в Тбилиси, было решено, что третья советская гравитационная конференция должна состояться через три года. Одновременно должна состояться пятая международная конференция по гравитации. Если местом международной конференции изберут Москву, то обе конференции будут объединены.

Г. С. БИСНОВАТЫЙ-КОГАН

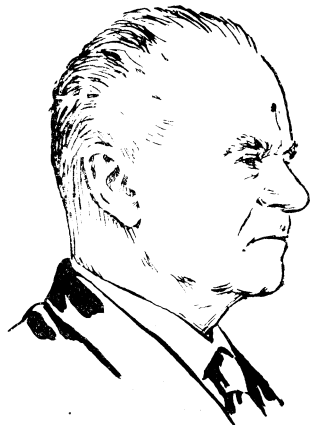
САМЫЕ ВЫСОКИЕ ОБЛАКА

В мае 1965 г. в городе Тарту состоялось Всесоюзное научное совещание по исследованиям серебристых облаков. Совещание было организовано Междугосударственным геофизическим комитетом при Президиуме Академии наук СССР, Институтом физики и астрономии Академии наук Эстонской ССР и Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом. Бо-

лее семидесяти ученых от тридцати различных научно-исследовательских организаций встретили радужный прием сотрудников Института физики и астрономии Академии наук Эстонской ССР. В работе совещания от Междугосударственного геофизического комитета активное участие приняли: председатель Секции метеорологии и физики атмосферы профессор Б. Л. Дзердзеевский, ученый секретарь Комитета А. Д. Повзнер и ученый секретарь Комиссии по МГСС С. З. Кричевский. В кратком выступлении академика А. Я. Киппера, открывшего совещание, были охарактеризованы основные направления исследований и важнейшие достижения советской и зарубежной науки по проблеме серебристых облаков. Профессор И. А. Хвостиков выступил с памятной речью о научной деятельности недавно умершего профессора В. В. Шаронова. Всеволод Васильевич Шаронов в течение Международного геофизического года провел большую научно-организационную работу и выполнил ряд

оригинальных исследований серебристых облаков. Совещание почтило память В. В. Шаронова вставанием и минутой молчания.

Проблема серебристых облаков имеет комплексный характер. С исследованиями серебристых облаков в той или иной степени связаны многие проблемы физики



В. Г. ФЕСЕНКОВ



Б. Л. ДЗЕРДЗЕЕВСКИЙ

земной атмосферы, особенно ее верхних слоев, процессы в ближайшем космическом пространстве и на Солнце во взаимодействии с атмосферой Земли, физика



И. А. Хвостиков

атмосфер больших планет и другие разделы современной науки. С каждым годом объем исследований увеличивается. Высокий уровень прочитанных на совещании научных докладов — хорошая иллюстрация роста интереса к серебристым облакам.

Основному вопросу — из чего состоят серебристые облака — были посвящены доклады И. А. Хвостикова, Б. А. Миртова, К. Я. Кондратьева с сотрудниками, Ч. И. Виллманна, В. А. Бронштэна, В. В. Михневич, Н. И. Новожилова. Серебристые облака образуются путем конденсации паров воды на мельчайших пылинках метеорного происхождения. Подтверждению этого взгляда в значительной степени способствовали шведско-американские ракетные эксперименты с забором проб облаков (см. журнал «Земля и Вселенная», № 3).

Долгое время трудно было объяснить постоянство небольшой толщины облачного слоя и резкую очерченность морфологических форм. Интенсивное турбулентное перемешивание воздушных масс мезосферы не может привести к образованию из сухих пылинок облаков такой формы, которая реально наблюдается в серебристых облаках. Другое дело, если облачные массы образуются в ре-

зультате определенных термобарических процессов в мезопаузе. Имеются основания предполагать, что условия, благоприятные для облакообразования, могут создаваться в очень тонком слое мезопаузы. Водяные пары, попадая в этот слой, конденсируются в облачные частицы. Если облачные частицы по каким-либо причинам выходят из этого слоя, то они быстро испаряются. Таким образом поддерживаются резкие геометрические очертания облачных образований несмотря на большую динамическую активность мезопаузы.

Интересные результаты измерений температуры высоких слоев атмосферы в разные сезоны года были изложены в докладе В. В. Михневич. Ею упоминался случай, когда летняя температура на уровне серебристых облаков опускалась до 138°K . Такая рекордно низкая температура для мезопаузы совсем недавно считалась нереальной. В свете новых данных теория И. А. Хвостикова, разработанная 15 лет назад, получает экспериментальное подтверждение.

Теперь наука выдвигает новые задачи перед исследователями серебристых облаков. Эти проблемы были обсуждены в докладе



Ч. И. Виллманн

И. А. Хвостикова «Природа серебристых облаков и некоторые вопросы фотохимии и динамики земной атмосферы в области мезопаузы». До сих пор остается невыясненным вопрос переноса паров воды в мезопаузу. Методические трудности пока сдерживают такого рода исследования. Тем не менее в докладе К. Я. Кондратьева, И. Я. Бодинова и их сотрудников рассматривались интересные результаты ряда экспериментов по прямому измерению влажности высоких слоев атмосферы. Резуль-



Г. В. Розенберг

таты показывают целесообразность проведения подобных измерений в условиях, по месту и времени близких к образованию серебристых облаков.

Увидеть серебристые облака с поверхности Земли можно только в сумерки. Солнечные лучи из-под горизонта проходят различные слои атмосферы, изменяя при этом свой спектральный состав и направление, а затем, попадая на серебристые облака, рассеиваются облачными частицами. Рассеяние происходит по весьма сложному закону, характеризующемуся диаграммой или индикатрисой рассеяния. По данным немногочисленных измерений индикатриса све-



Н. И. Гришин

чения серебристых облаков имеет сильно вытянутую форму, рассеяние солнечного света происходит преимущественно в сторону, противоположную от Солнца. На пути к наблюдателю свет облаков снова претерпевает изменения. Чтобы понять природу облаков, необходимо изучить законы рассеяния, поглощения и искривления лучей в атмосфере. Обсуждению этих вопросов были посвящены доклады академика В. Г. Фесенкова, Г. В. Розенберга, О. А. Гермогеновой, Г. И. Горчакова и Н. И. Гри-

шина. Объем статьи не позволяет подробно рассказать о содержании всех докладов. Поэтому мы только кратко остановимся на некоторых высказываниях, касающихся условий наблюдения серебристых облаков.

В. Г. Фесенков считает, что касательный солнечный луч в рай-

следований в этом направлении. Чтобы улучшить оптические условия наземных наблюдений, предложено размещать наблюдательные пункты на возвышенных местах или на горах. Это позволит частично исключить помехи приземного слоя атмосферы. Докладчик также отметил целесообразность постановки оптических исследований серебристых облаков с искусственных спутников Земли.

Фотография серебристых облаков. Место сечения облачной поверхности обозначено черно-белой полосой



М. И. Буров

оне терминатора должен пройти от поверхности Земли на высоте примерно 10 км, т. е. на границе тропосферы. Более низкие лучи полностью рассеиваются и поглощаются в мутной среде тропосферы, не выходя за ее пределы. Прежде чем достигнуть поверхности серебристых облаков, солнечные лучи проходят большой путь в атмосфере и испытывают различные изменения. Законы этих изменений в применении к серебристым облакам изучены мало. Поэтому В. Г. Фесенков высказал ряд пожеланий по программе ис-



М. А. Дирикис

Результатам и методам измерений высоты, площади распространения и морфологии серебристых облаков посвящены доклады М. И. Бурова, М. А. Дирикиса, С. В. Евдокименко, Ю. Л. Францмана, Э. Л. Мукинса, Ч. И. Виллманна и Н. И. Гришина.

Новые измерения М. И. Бурова показали разброс высот серебристых облаков от 79 до 93 км. Разные высоты получаются за счет вертикальной кривизны облачного слоя. По измерениям Н. И. Гришина, крутизна поверхности волновых образований серебристых облаков может достигать 30 и даже 40°. Правда, такие крутые и высокие волны существуют недолго. Через 40—50 минут они разрушаются, но на их месте возникают новые. Интенсивное волнение слоя серебристых облаков часто наблюдается на площади в многие тысячи квадратных километров. Статистическое и синоптическое изучение такого материала имеет большое научное и прикладное значение. На фотографии показано поле серебристых облаков. Черная

наклонная полоса, нанесенная на фотографию, обозначает место сечения слоя серебристых облаков с вертикальной плоскостью. Это сечение делает более заметным рельеф волновой поверхности. Удобнее волновую поверхность серебристых облаков рассматривать так, как мы привыкли наблюдать волнение водной поверхности, т. е. сверху. Поэтому, если повернуть фотографию «вверх ногами», то рельефность облачного поля обнаруживается легче.

Руководитель Международного геофизического центра по серебристым облакам Ч. И. Виллманн доложил о сетевых наблюдениях серебристых облаков по программе Международного года спокойного Солнца. Регистрацией появления облаков занято более 200 метеостанций Гидрометеослужбы СССР, около 100 станций на Аляске (США) и 53 станции США в Антарктиде. В январе 1965 г. получены первые фотографии серебристых облаков в Антарктиде. Выполнены первые успешные опыты по зондированию мезопаузы лучом

лазера. Наблюдения, поступающие с большой сети станций, подвергаются машинной обработке. Можно надеяться, что в ближайшее время будут получены новые важные результаты по глобальным характеристикам серебристых облаков.

Активное участие в МГСС принимают станции серебристых облаков, организованные в отделениях ВАГО. Представители Томского, Новосибирского, Ульяновского, Горьковского, Московского, Эстонского и Латвийского отделений ВАГО доложили о своих результатах и планах дальнейших исследований.

Совещание приняло решение по дальнейшему развитию исследований серебристых облаков по программе МГСС и в последующие годы.

Полные тексты докладов будут изданы отдельной книгой.

Н. Г.

Рисунки Г. Ф. МЕЙСТЕРА

ИЗУЧЕНИЕ ЧЕРНОМОРСКОЙ ВПАДИНЫ

Область Черного моря, подобно родственной ей области Средиземноморья, вместе с окружающими ее горными образованиями, представляет типичную альпийскую геосинклиналь* на

одном из этапов ее развития. Рядом с крупными, интенсивно растущими горными цепями Кавказа, Крыма, Балкан, Понтийского хребта расположены глубоководные впадины, в которых накапливаются значительные толщи осадков.

Геофизические исследования глубоководной части Черноморской впадины показали, что ее дно, подобно дну океанических впадин, лишено «гранитного» слоя и сложено «базальтами», перекрытыми мощным, до 7—15 км, слоем осадочных пород. Осадочные породы в центральной

части впадины залегают относительно спокойно, но с приближением к берегам Крыма сильно дислоцированы (смещены) и собраны в крутые складки. Южная часть Крымского полуострова — Горный Крым — представляет осколок древней суши, частично захваченной и поглощенной Черноморской впадиной в процессе ее постепенного расширения. Строение земной коры под Горным Крымом типично континентальное: сверху залегают осадочные породы, ниже — мощный «гранитный» слой, и под ним — «базальтовый».

Переходная зона Крым — Черное море, где на коротком расстоянии всего в несколько десятков километров совершается переход от участка земной коры

* Подвижная область земной коры, в пределах которой тектонические движения и магматические процессы отличаются большой интенсивностью. Геосинклиналь — одна из структурных форм земной коры, противоположная платформе.

с типично континентальным строением к участку океанического типа, представляет уникальную научную лабораторию, чрезвычайно удобную для изучения особенностей строения земной коры и подстилающей ее мантии Земли. Если добавить еще, что в Черном море к югу от Крыма расположены очаги многочисленных землетрясений и земная кора здесь раздроблена на отдельные блоки глубинными разломами, то станет ясно, какой огромный интерес представляет исследование Черноморской впадины.

Несмотря на то, что за последние годы накоплен большой фактический материал и составлены различные карты, Черноморская впадина таит все еще много загадок. Пока никто не держал в руках куска «гранитного» или «базальтового» слоя, и поэтому мы, опираясь лишь на данные геофизики о плотности и скорости прохождения в этих породах сейсмических волн, вынуждены писать эти слова в кавычках.

Отсутствует единое мнение о природе и возрасте Черноморской впадины. Одни ученые считают,

что базальтовая кора глубоководной части впадины существует с самых ранних этапов истории Земли и имеет, таким образом, реликтовый (остаточный) характер; «гранитный» же слой под Горным Крымом возник позднее — на геосинклинальной стадии его развития. По мнению других ученых, «гранитный» слой ранее существовал и в глубокой части впадины, но исчез в процессе базификации, т. е. поглощения, проплавления гранитов поступавшим из мантии основным веществом.

Серьезные разногласия существуют и в вопросе о тектонической природе впадины. А. Д. Архангельский придавал решающую роль в ее формировании разломам и оседанию по ним центральной части впадины: по его мнению, окружающая суша, в том числе Крымский полуостров, как бы постепенно обламывалась при расширении впадины. М. В. Муратов считает, что впадина Черного моря возникла в результате плавного прогиба обширного участка земной коры, в процессе которого разломы имеют второстепенное значение. Существует множество тектони-

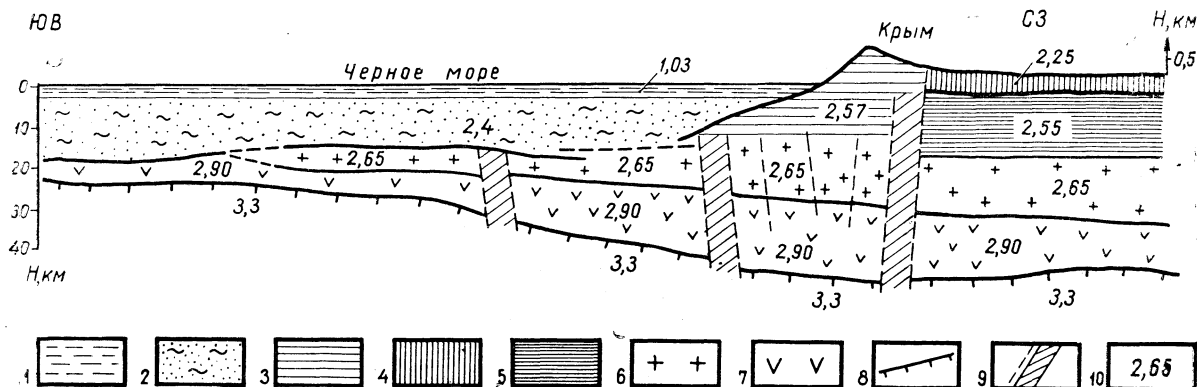
ческих схем Причерноморья, которые существенно отличаются друг от друга.

Таким образом, даже краткий обзор существующих взглядов показывает, что многое в строении и истории развития Черноморской впадины остается спорным и нерешенным.

Чтобы объединить усилия ученых разных специальностей для комплексного изучения Черноморской впадины, в 1962 г. была образована Черноморская комиссия, входящая ныне в состав Научного совета по комплексным исследованиям земной коры и верхней мантии при Президиуме Академии наук СССР. В работе комиссии участвуют представители различных научных учреждений СССР. Основная задача ее — координация работ по комплексному изучению строения земной коры Черноморской впадины и прилегающих территорий, организация обмена материалами, выработка генеральных направлений исследований.

По инициативе комиссии в Горном Крыму создан специальный геофизический полигон, на котором изучается строение земной коры и различные геофизические поля, а также современные тектонические движения земной коры и экзогенные, происходящие под влиянием внешних сил, рельефообразующие процессы.

Схема строения земной коры переходной зоны Крым — Черное море (по Т. С. Лебедеву и К. А. Болюбах, 1963): 1 — слой воды; 2 — осадочные отложения впадины Черного моря; 3 — мезокайнозойские образования Горного Крыма; 4 — мезокайнозойские отложения Равнинного Крыма; 5 — палеозойский (?) комплекс Равнинного Крыма; 6 — «гранитный» слой; 7 — «базальтовый» слой; 8 — поверхность Мохоровичича; 9 — предполагаемые зоны глубинных разломов; 10 — значения плотности (g/cm^3)



Крымский полигон стал своего рода полевой лабораторией для отработки новой методики, для взаимной проверки результатов исследований, проведенных различными методами. Черноморская комиссия ежегодно проводит в Крыму совещания, на которых докладываются результаты исследований прошедшего года, уточняются и координируются планы на будущее, ставятся и обсуждаются научные доклады.



Участники совещания в Симферополе осмотрели линию повторного нивелирования на Крымском геофизическом полигоне. На снимке: осмотр одного из реперов

Очередное, IV совещание состоялось 22—24 апреля 1965 г. в Симферополе. Сюда прибыли представители 22 научных и научно-производственных организаций Москвы, Ленинграда, Киева, Полтавы, Днепропетровска, Тбилиси — всего более 70 человек. В течение двух дней было прочитано и обсуждено свыше двадцати докладов, посвященных геофизике, геологии, геоморфологии и современным тектоническим движениям впадины Черного моря, Причерноморья и Крыма. Украинские геофизики

продемонстрировали новую тектоническую схему северо-западной части Черного моря, составленную на основе последних геофизических работ. Сотрудники Института океанологии Академии наук СССР и Отдела морских геофизических работ Всесоюзного научно-исследовательского института геофизических методов разведки уточнили строение осадочной толщи глубоководной впадины Черного моря и текто-

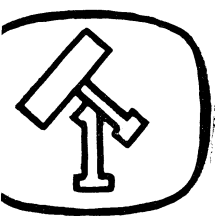
нику зоны сочленения Крыма и Кавказа. Геофизики Московского государственного университета сообщили об успешном испытании донных сейсмографов, установленных на дне Черного моря на глубине свыше 1000 м. Эти приборы позволяют с минимальными помехами решать ряд сложных сейсмологических задач. Серию докладов по геологии Крыма представили сотрудники Института минералогических ресурсов Государственного геологического комитета СССР.

Совещание уделило большое внимание современным тектоническим движениям земной коры и их связи с геоструктурами и геофизическими полями. Основным методом изучения современ-

ных движений остается повторное высокоточное нивелирование, о результатах которого на Крымском геофизическом полигоне рассказывалось в специальном докладе. Обнаружено отчетливое поднятие Горного Крыма по отношению к прибрежной полосе Южного берега. Об изучении современных тектонических движений в Крыму специальными высокоточными приборами — наклономерами, фиксирующими наклон отдельных блоков земной коры, сообщили работники Полтавской гравиметрической обсерватории. Институт географии Академии наук СССР изучает современные тектонические движения в Крыму геоморфологическими и картометрическими методами. На основании анализа русел рек и их уклонов сотрудники института провели районирование территории Крыма по характеру современных движений земной коры. Интересное сопоставление зон наиболее контрастных современных движений с геофизическими полями проведено в Институте геологии и разведки горючих ископаемых. Сотрудники института сообщили, что обнаружено многократное совпадение с такими зонами нефте-газоносных структур.

Совещания Черноморской комиссии в 1964 и 1965 гг. показали, что накоплен обильный и чрезвычайно ценный фактический материал, который позволяет сделать обоснованные выводы и решить многие спорные вопросы строения и истории развития Черноморской впадины, Крыма и Причерноморья. По предложению председателя Черноморской комиссии Ю. Д. Буланже, после тщательного обсуждения, участники комиссии приняли решение подготовить в течение ближайших двух — трех лет серию сводных работ по Черноморской впадине и ее обрамлению.

Н. Б.



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

В ПОМОЩЬ ЛЮБИТЕЛЯМ, СТРОЯЩИМ САМОДЕЛЬНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ

БЕСЕДА 2.

Шлифовка главного зеркала телескопа

Имея два диска-заготовки, можно приступить к изготовлению главного зеркала нашего будущего телескопа.

На обоих краях каждого из дисков делается фаска под углом 45° , шириной 1,5—2 мм. Для этого положим диск на край стола и, медленно поворачивая его, будем постепенно сошлифовывать фаску очень мелким оселком, обильно смоченным водой (рис. 1). Еще лучше снимать фаску толстой металлической пластинкой, намазывая на нее кашицу из абразивного порошка № 100—150 с водой, так как оселок может дать мелкие заколы

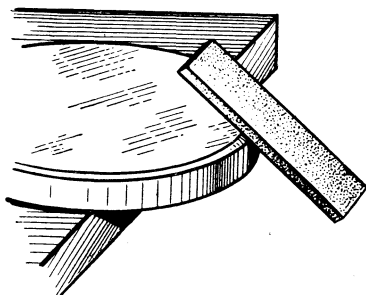


Рис. 1

на стекле. Фаски не только придают аккуратный вид дискам, но, и это самое главное, предохраняют края дисков от скалывания во время шлифовки.

Прежде чем приступить к работе, нужно изготовить станочек для шлифовки и полировки зеркала. Основание станочка 1 (рис. 2) сделано из толстой доски и должно быть достаточно массивным и устойчивым. В центре основания просверливается сквозное отверстие по диаметру оси вращающегося столика. Столик 2 круглый, шести- или восьмиугольный, также сделан из доски или фанеры толщиной не менее 15—20 мм. В центре его снизу (не насквозь) наглухо ввернута на резьбе или, в крайнем случае, вбита, ось 3 толщиной около 8 мм такой длины, чтобы она входила в основание во всю его толщину. Столик лежит на трех стальных шариках диаметром 10—15 мм 4, «утопленных» наполовину в ямки, высверленные в основании. Шарик расположены под углом 120° друг к другу и возможно ближе к краю столика (для устойчиво-

сти). Опору для столика можно сделать еще проще. От широкой консервной банки отрезать доннышко и прибить его к основанию станочка выступающим по его краю закатанным бортиком вверх, предварительно просверлив в центре отверстие для пропуска оси. Ось и шарики (или край бортика доннышка от жестянки, на который опирается столик) нужно смазать густой смазкой, например тавотом.

К верхней поверхности вращающегося столика 1 (рис. 3) прикрепляем три резиновых или пробковых кружка 2, на которых будет лежать шлифовальный — один из двух стеклянных дисков 3. Эти кружки располагаются возможно ближе к краю шлифовальника, под углом 120° друг к другу. По окружности шлифовальник укреплен с помощью четырех отрезков толстой резиновой трубки, надетых на шурупы 4. Высота их должна быть на 2—3 мм ниже уровня верхней поверхности шлифовальника, лежащего на трех пробковых кружках, чтобы зеркало при шлифовке не задевало за головки шурупов. Резина слегка сжимает шлифовальник с боков, его можно вынимать для промывки и снова вставлять на место.

Укрепив на станочке шлифовальник, можно начинать шлифовку. С помощью кисточки покроем поверхность шлифовальника ровным слоем абразива № 100 с водой. Положив сверху второй диск (будущее зеркало), будем двигать его вперед и назад, сдвигая от центра на себя и

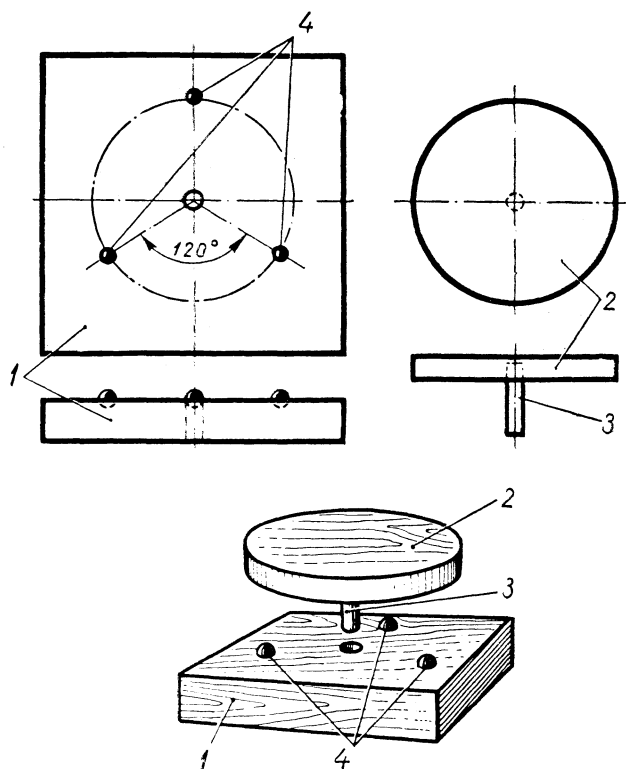


Рис. 2

от себя на $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ его радиуса. При этом равномерно понемногу будем поворачивать его, например, против часовой стрелки, а столик с шлифовальником в противоположном направлении. Все движения должны слиться в определенном ритме, чтобы шлифовка шла равномерно по всем направлениям. В ходе этой работы края нижнего диска и сред-

няя часть верхнего сошлифовываются быстрее (здесь играет роль и вес стекла, и нажим рук), верхний диск будет становиться все более вогнутым, а нижний — выпуклым. Так как только две сферы с одинаковым радиусом могут соприкасаться в движении во всех точках, то поверхности зеркала и шлифовальника автоматически будут приближаться

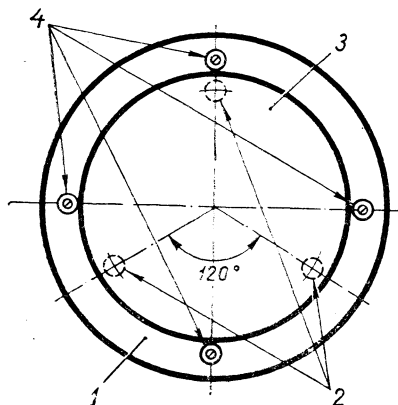


Рис. 3

к точной сфере. Работа идет довольно медленно, но через некоторое время углубление в зеркале станет заметным и можно измерить его глубину. Лучше всего это сделать так. Плоскогубцами надо наломать узкие полоски из лезвия от безопасной бритвы и положить несколько таких полосок стопочкой в центре зеркала (лезвия обычно имеют толщину 0,1 или 0,08 мм). Затем на края зеркала положить точную линейку (лучше металлическую). По числу полосочек, помещающихся между центром зеркала и линейкой, мы определяем стрелку кривизны, т. е. глубину сферической поверхности зеркала. Величина ее должна быть определена из формулы

$$x = \frac{y^2}{4F},$$

где x — стрелка кривизны, y — радиус зеркала, а F — выбранное нами фокусное расстояние. (Пример: диаметр зеркала 120 мм, фокусное расстояние 1200 мм, тогда $x = \frac{60^2}{4800} = 0,75$ мм.)

Чтобы ускорить процесс грубой шлифовки, можно рекомендовать следующий способ (в особенности это относится к зеркалам диаметра 150 мм или более). Возьмем металлическое кольцо (например, отрезок толстостенной чугунной трубы) по диаметру примерно равное половине диаметра зеркала. Положим будущее зеркало на место шлифовальника и начнем шлифовать его кольцом, подмазывая тот же абразивный порошок (№ 100) с водой (рис. 4, а), не выводя кольцо за пределы края зеркала*.

* Для удобства к верхней части кольца хорошо прикрепить ручку, как указано на рис. 4. Разумеется, кольцо и столик станочка с зеркалом нужно все время поворачивать в противоположных направлениях, как при шлифовке двух дисков: зеркала и шлифовальника.

Шлифовальник обрабатываем так, как показано на рис. 4, б, т. е., наоборот, сошлифовывая его края, не трогая середины. Штриховые линии на рисунке показывают пределы движений кольца при шлифовке. Таким образом на зеркале будет подготовлено углубление, имеющее форму, близкую к сферической, а на шлифовальнике — выпуклость. Обрабатывая шлифовальник, нужно стараться не «со-

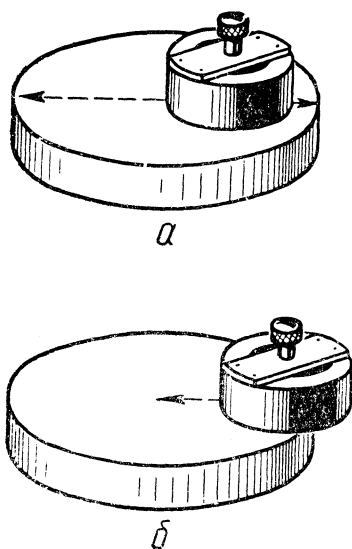


Рис. 4

рвать» край, т. е. не сделать резкий «завал» на его краю, который трудно исправить при дальнейшей пришлифовке дисков друг к другу.

Окончив шлифовку кольцом, положим шлифовальник на его

место на столике станочка, покроем слоем абразива, положим сверху зеркало и будем дальше шлифовать, как рассказано раньше. Поверхности дисков довольно быстро пришлифуются друг к другу, приближаясь по форме к точной сфере. Грубая обработка дисков кольцом не только экономит время, затраченное на шлифовку, но и позволяет сохранить полностью толщину стекла зеркала, так как вынимая углубление кольцом, мы оставляем край зеркала нетронутым. Глубина выемки после обработки кольцом должна быть, конечно, меньше заданной стрелки кривизны. Полная ее величина достигается при дальнейшей пришлифовке дисков.

В процессе шлифовки абразив измельчается, стирается, и его много раз приходится подмазывать вновь. Отработанный абразив, как уже было сказано в предыдущей статье, нужно собирать, если нет готовых минутников, и перед нанесением новой порции абразива, диски обмывать водой. Необходимо предупредить, что не следует допускать высыхания отработанного абразива на зеркале и шлифовальнике, так как при этом диски могут прикоснуться друг к другу «намертво», и тогда разделить их удастся с огромным трудом, а иной раз вовсе не удастся разделить. По этой же причине не следует допускать высыхания и при тонкой шлифовке мелкими фракциями абразива.

Когда грубая шлифовка закончена, можно переходить к шлифовке абразивом № 280, 15-, 30- и 60-минутниками. Практиче-

ски можно заканчивать шлифовку 60-минутником, но лучше иметь еще и 120-минутник, так как чем тоньше отшлифовано зеркало, тем меньше времени уйдет на полировку. Слишком продолжительная полировка создает опасность появления царапин от попадания на зеркало случайных мелких твердых частиц. Впрочем, это может случиться и при шлифовке самыми мелкими фракциями абразива, так как небольшие посторонние твердые частицы могут оказаться больше самих зерен абразива.

Тонкая шлифовка (так же как и полировка) требует от работающего большой внимательности и аккуратности. Переходя от одной фракции абразива к следующей, необходимо тщательно вымыть диски и станок, застелить стол чистой бумагой. Перед началом работы абразив (минутник) нужно залить в небольшой баночке водой, взболтать и дать отстояться, слить излишек воды. Брать абразив следует чистой кисточкой, споласкивая ее каждый раз в чистой воде, брать из баночки сверху, чтобы не захватить со дна более крупные зерна, которые могли быть в порошке и осели при отмучивании.

Чтобы шлифовка велась равномерно по всем направлениям, необходимо соблюдать определенный ритм в движениях.

Шлифовку данным номером абразива можно считать законченной, когда при рассматривании шлифованной поверхности в лупу нигде не будет видно ямок, оставшихся от более крупных зерен предыдущей фракции.

М. М. ШЕМЯКИН



(К стр. 16)

Сейчас Арктур вечером восходит в середине марта, т. е. весной, а утром — в начале октября. Около 2000 лет назад прямое восхождение Арктура

было приблизительно на 30° меньше, чем сейчас. Следовательно, в те времена Арктур восходил по вечерам в середине февраля, когда в Греции уже тепло, а по утрам — в начале сентября, т. е. во время сбора основных сортов винограда.

(К стр. 35)

В средней полосе СССР Сирис восходит перед восходом Солнца в середине августа, т. е. во время созревания хлебных злаков. Следовательно, примета русских крестьян правильна.

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

МЫ — В «КОСМОСЕ»



«Академия наук СССР. Космос» — читаем мы на архитраве этого большого здания, одного из четырех павильонов постоянной выставки Академии наук СССР на ВДНХ. Как никакой другой, этот павильон в любую погоду, во все времена года, с утра до вечера наполнен посетителями. Здесь бывает ежедневно до 120 000 человек

Поздней осенью 1957 г. в павильоне постоянной выставки работ Академии наук СССР на ВДНХ один за другим появились копии двух первых в мире советских искусственных спутников Земли — символы необычного расцвета советской науки и техники.

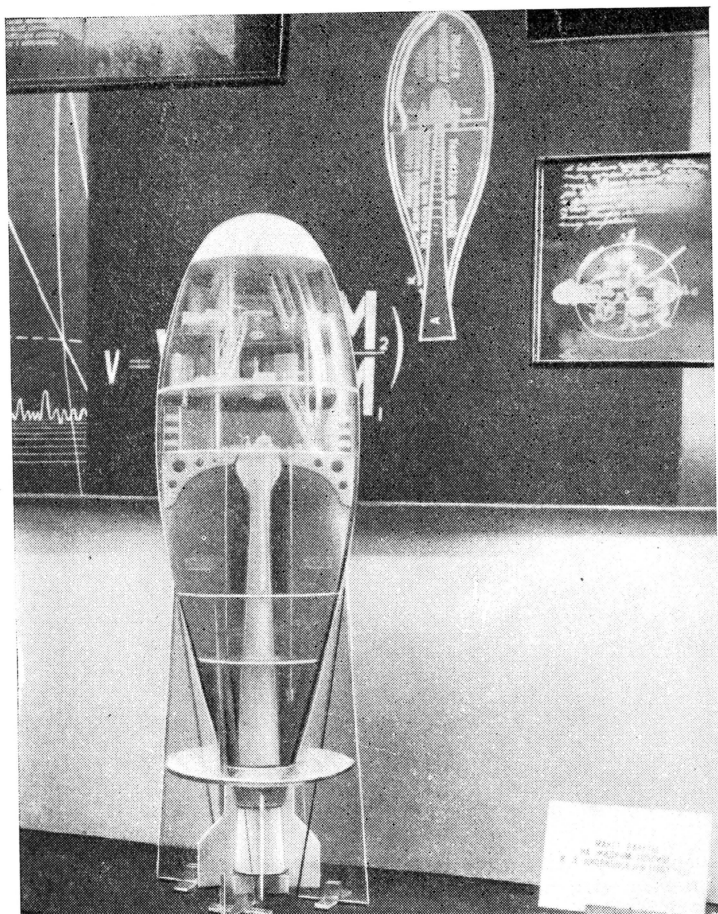
В последующие годы штурм космоса стремительно нарастал. Летом 1958 г., когда в павильоне появился гигантский по тем време-

нам третий спутник с полным комплексом научной аппаратуры, на постоянной выставке стало тесно и в дальнейшем «Космосу» пришлось отвести специальный павильон.

С тех пор «Космос» непрерывно пополняется новыми экспонатами. Здесь можно видеть макеты первых советских жидкостных ракет, контейнеры геофизических ракет, автоматические межпланет-

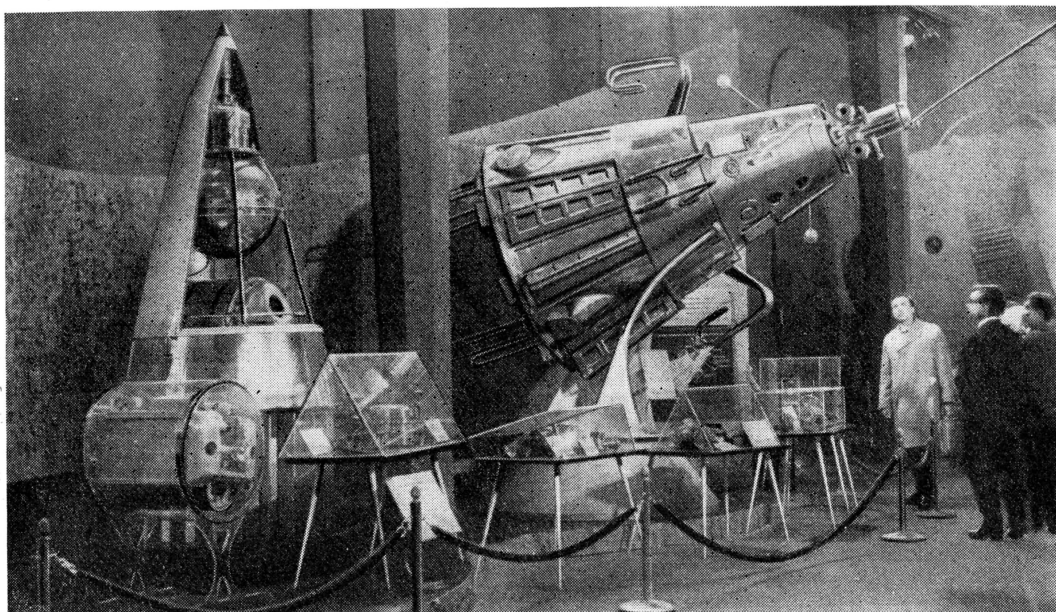
ные станции «Луна-2», «Луна-3» и «Венера-1», модели разнообразных спутников серии «Космос», увидеть контейнер, возвращенный из космоса с подопытными животными.

Задача павильона не только в том, чтобы показать копии запущенных в космос объектов, но и разъяснить, какие научные результаты получены с их помощью, рассказать об исследовании космоса



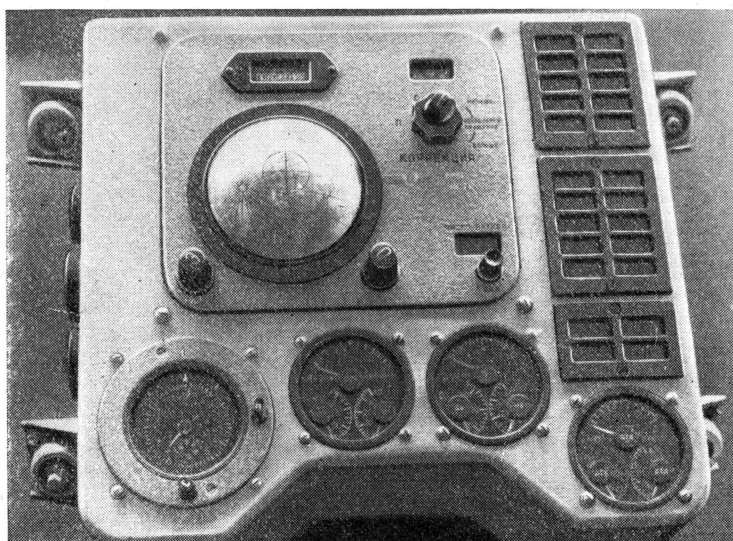
◀ Один из экспонатов павильона — макет управляемого пассажирского космического корабля К. Э. Циолковского на жидком топливе, изготовленный по эскизам автора, относящимся к 1903 г.

Прозрачный макет кабины Лайки, научная аппаратура второго и третьего спутника и сам гигантский, почти полутонный третий спутник занимают почетное место во втором зале выставки. За ним идут макеты первых космических ракет и станций «Луна-1», «Луна-2», «Луна-3». Последняя впервые сфотографировала обратную сторону Луны

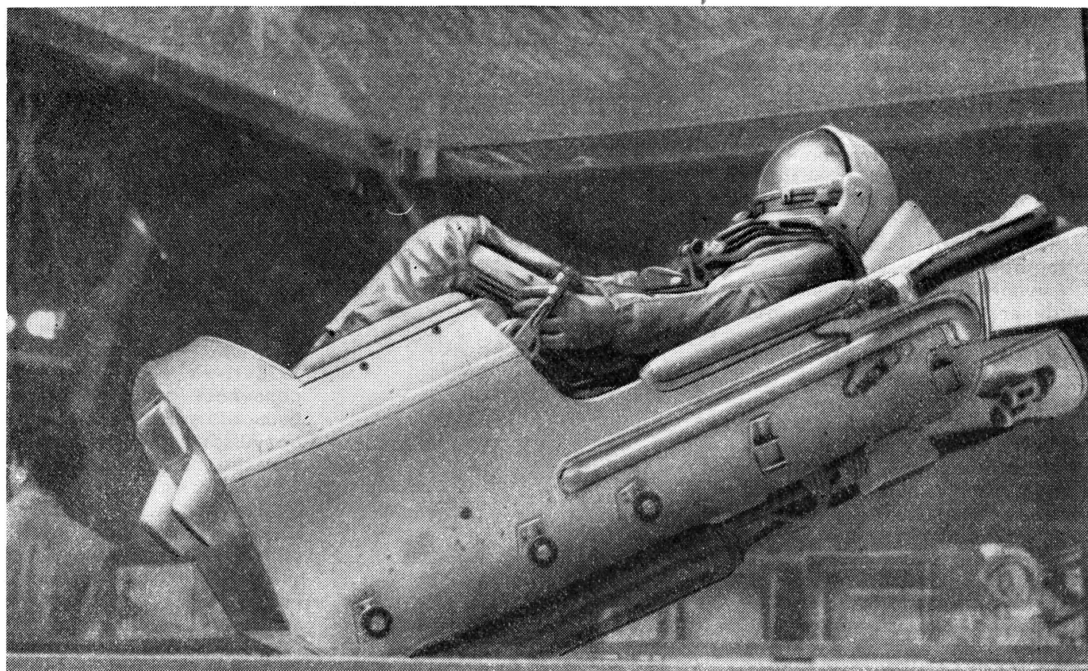




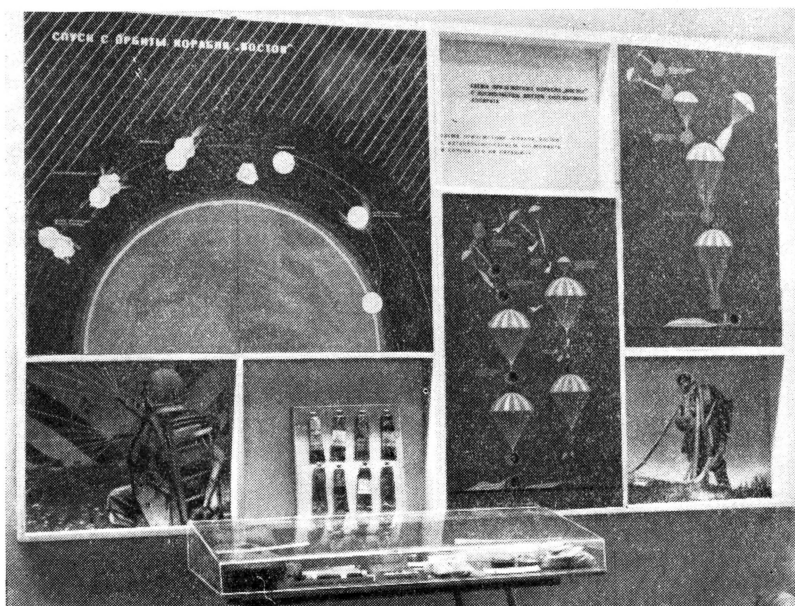
Один из возвращенных из космоса спускаемых аппаратов можно рассмотреть детально. Открыты парашютный люк (слева) и люк покидания корабля. Можно во всех подробностях видеть кабину космонавта. Нижняя часть аппарата окалиной: температура пограничного слоя при прохождении плотных слоев атмосферы возрастает до $10\,000^{\circ}$, аэродинамическое сопротивление достигает 20 т



Циферблаты на приборной доске показывают время, температуру, влажность и давление в кабине, состав воздуха, уровень радиации, работу систем корабля. Глобус, непрерывно вращаясь, позволяет точно определить местоположение корабля и место спуска при включении в данный момент тормозной двигательной установки. Отмечается число оборотов, подаются сигналы в случае недопустимого отклонения условий от нормальных



В корпусе катапультируемого кресла вмонтированы системы вентиляции скафандра, катапультное устройство, парашютные системы, наземный аварийный запас. Расположение кресла в кабине выбрано из условий наименьшего воздействия перегрузок на космонавта [грудь — спина]



После получения команды на спуск корабль [автоматически или вручную] ориентируется в пространстве, затем включается тормозная двигательная установка. По окончании ее работы спускаемый аппарат отделяется от приборного отсека и тормозится в плотных слоях атмосферы. На высоте около 7000 м отстреливается входной люк, катапультируется кресло и затем вступают в действие парашютные системы пилота и корабля. В случае неожиданного усиления радиационной опасности спуск может произойти в самом непредвиденном месте, поэтому космонавт снабжен наземным аварийным запасом: пищей, водой, радиосредствами, сигнальными ракетами, медикаментами и др., а также надувной лодкой

астрономами с наземными средствами. Поэтому уже в первом зале показаны новейшие достижения советской астрономии в исследовании Солнца, планет, Луны, метеоритов, межзвездного вещества с применением электронной оптики, радиоастрономии, телевизионных приставок к телескопам и т. д.

Как известно, наиболее серьезное препятствие «дальним» рейсам человека к Луне и планетам — космические лучи главным образом солнечного происхождения. Изучению радиационной опасности посвящен специальный большой раздел выставки. Здесь показаны методы моделирования космических лучей на мощном синхрофазотроне, названы дозы облучений, полученные советскими космонавтами (они ничтожны в сравнении с допустимыми), демонстрируются дозиметры, с которыми они определены. Здесь же расположены научные станции «Электрон-1» и «Электрон-2», главная задача которых — изучение радиационного пояса Земли.

Последний зал полностью посвящен полетам космонавтов. Представлены схемы возвращения корабля, его оборудование, костюм и аварийный запас космонавта. Сам корабль «Восток» в «Космосе» не поместился и его пришлось расположить в павильоне «Машиностроение».

На обложке журнала показан общий вид корабля «Восток» с последней ступенью ракеты-носителя. Защитный конус сброшен и хорошо виден сферический спускаемый аппарат и часть приборного отсека, окруженная баллонами со сжатым воздухом, необходимым для космонавта и для работы двигателей системы ориентации. Вес корабля с последней ступенью 6,17 т, длина с последней ступенью 7,75 м. Диаметр сферического спускаемого аппарата, внутри которого находится кабина космонавта, — 2,3 м, вес 2,4 т.

В. В. БАЗЫКИН

Фото О. В. ЧИРКИНА

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

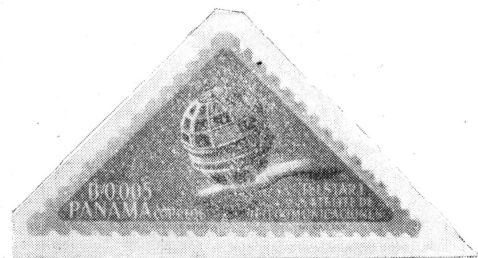
МАРКИ СТРАН ЗАПАДНОГО ПОЛУШАРИЯ

Е. П. САШЕНКОВ

За первые 12 месяцев космической эры — с осени 1957 г. до осени 1958 г. — в коллекциях филателистов появилось около 20 марок. Все они были выпущены в странах восточного полушария и посвящались советским успехам в разведке космического пространства.

Единственным исключением, пожалуй, стала марка Антильских островов в честь Международного геофизического года, появившаяся 10 декабря 1957 г., т. е. почти за два месяца до запуска первого американского искусственного спутника «Эксплорер-1». На марке, естественно, не могло быть изображения какого-либо спутника США, но уже отмечена станция слежения за американскими спутниками на карте острова Кюрасао. Это подтверждается специальным текстом. Отмечена и островная астрономическая станция.

Марки, отобразившие первые успехи американской космонавтики, появились только на исходе 1958 г. В серию, посвященную Международному геофизическому году, почта республики Гаити включила две марки с одним сюжетом — американским спутником «Эксплорер». Одна из них помещена и в блоке. Вскоре вышла марка Эквадора, в честь Международного геофизического года. На рисунке — земной шар, опоясанный орбитами двух основных спутников — советского и американского. Последней страной западного полушария, подавшей тему МГГ на космический



лад, стала в 1959 г. Доминиканская Республика. На большой серии из восьми спортивных марок и двух блоков, посвященной Мельбурнской олимпиаде, были сделаны надпечатки. На них отчетливо различима экваториальная орбита второго американского спутника. Правда, этот безвкусный симбиоз спорта и космоса в филателии имел под собой самую земную основу... Выпуск доминиканской почты заклеивен филателистами как создание искусственных редкостей с целью наживы. Только 5000 человек смогли стать обладателями полного комплекта зубцового и беззубцового варианта!

Почта США лишь три раза посвящала специальные марки космической теме. На одной из них — портрет известного американского ученого Годдарда. В 1960 г. вышла марка со спутником «Эхо-1». Рисунок показывает прием и отражение спутником радиосигналов. В день первого полета американского астронавта Дж. Гленна по космической орбите, 20 февраля 1962 г., выпущена многомиллионным тиражом марка с надписью «Проект «Меркурий»».

Первый баллистический полет, совершенный А. Шепардом, также отмечен на марках Западного полушария. В июле 1961 г. появилась несколько необычная авиапочтовая серия под названием «Человек в космосе». Ее выпустило небольшое голландское владение Суринам (Нидерландская Гвиана). Одна марка посвящена Шепарду, другая — Гагарину. Впервые почта капиталистической страны нарушила молчание, которым она в течение нескольких лет окружала успехи советской науки в исследовании космоса. Но филателистов огорчило явное различие в графическом оформлении этих марок: на одной — портрет улыбающегося американца, на другой — мало удачная композиция, подразумевающая советского космонавта в капсуле... Марки вышли двумя тиражами, отличающимися по цвету. Печатались они на двух небольших листках из двенадцати штук каждый, обрамленных разрисованными полями и надписями, содержащими основные сведения о полетах Гагарина и Шепарда. Почта Суринама возвратилась к космической теме только в 1964 г., показав американские ракеты.

Еще один выпуск, посвященный Шепарду, появился в Парагвае. Комплект состоял из семи марок с зубцами, семи марок без зубцов другого цвета и из двух блоков. Из-за весьма малого тиража полного комплекта этот выпуск встречен филателистами с неодобрением. Войдя во вкус, почтовая администрация Парагвая за последние годы посвятила целую портретную галерею американской космической программе «Меркурий». Большими сериями марок и блоков отмечены полеты Гленна, Карпентера, Ширры, Купера, а также полеты ракет к планетам. В одной из парагвайских серий есть портретные марки, посвященные немецкому конструктору ракет «Фау» Вернеру фон Брауну, после войны работающему над космическими ракетами в США.

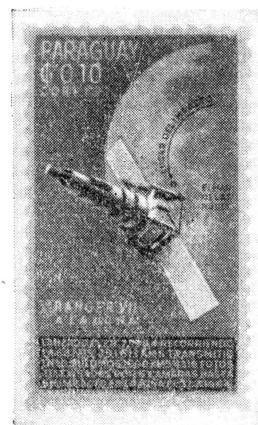
Американским астронавтам посвящены марки ряда других стран западного полушария. Почта Гаити сделала в 1962 г. надпечатку в честь полета Гленна с изображением капсулы «Меркурий» на серии из четырех марок «История островов Тортуга». Серию марок и нумерованный блок посвятила Гленну почта Панама. Впоследствии на этом блоке была сделана надпечатка в честь визита астронавтов США в Панаму.

Американские спутники изображены также в серии Коста Рики (1961 г.) в честь служб Организации Объединенных Наций. На одной из марок — спутник связи «Курьер-1Б», а на блоке — телевизионный спутник «Тельстар».

Известна и космическая марка Бразилии 1963 г. Ее выпуск посвящался международной выставке по космонавтике, в которой приняли участие и советские представители.

Успехам Советского Союза в освоении космоса посвящены четыре больших выпуска Республики Куба. На кубинских марках — портреты советских космонавтов, а в оригинально выполненном гарнитуре из четырех листов 20 марок отображают советские спутники, межпланетные ракеты и корабли. Некоторые марки этого комплекта посвящены символическим ракетам. Выпуском гарнитура почта отметила 25-летие ракетных исследований на Кубе. Этому юбилею посвящен также блок и авиапочтовая марка. На этой марке сделана также надпечатка в честь корабля-спутника «Восход-1».

Итак, вот уже в течение восьми лет космическая филателия говорит на языках западного полушария. Больше 12 американских государств посвятили свои почтовые марки успехам Советского Союза и США в освоении космоса.



ОСЕНЬ

Л. Н. СТРИЖЕВСКИЙ

Начало осени на большей части территории нашей страны связывают с сентябрем. Летом температура воздуха меняется от месяца к месяцу сравнительно слабо. В сентябре происходит резкое понижение температуры. Почти на всей территории СССР средняя месячная температура на 5—9° ниже, чем в августе.

Но это, пожалуй, единственный признак наступления осени, общий для различных климатических зон. В остальном она, как и другие времена года, по-своему протекает в каждом климатическом районе.

Астрономическая осень начинается в северном полушарии в день осеннего равноденствия — 23 сентября, когда на всей нашей планете день равен ночи. На экваторе Солнце стоит прямо над головой. С удалением от экватора наклон солнечных лучей увеличивается. На полюсах они скользят вдоль земной поверхности, и Солнце находится круглые сутки на самом горизонте. С увеличением наклона солнечных лучей уменьшается количество приходящего от Солнца тепла.

Начиная со дня осеннего равноденствия вплоть до дня зимнего солнцестояния (22 декабря) наше полушарие «отворачивается» от Солнца, увеличивается наклон солнечных лучей и продолжительность дня непрерывно уменьшается.

Высота Солнца меняется не только ото дня ко дню (т. е. во времени), но и в зависимости от географической широты: чем дальше от экватора, тем Солнце ниже.

Неравномерное нагревание Солнцем земной поверхности на разных географических широтах — главная причина существования различных климатических зон. Главная, но не единственная. Большое влияние на формирование климатических зон оказывают особенности рельефа земной поверхности, воздушные и морские течения, распределение воды и суши. Так, водная поверхность нагревается и охлаждается значительно медленнее, чем поверхность суши. Это объясняется не только тем, что теплоемкость воды примерно в два раза больше теплоемкости почвы. Сказывается и то, что тепло проникает в почву сравнительно медленно, сосредотачиваясь в довольно тонком слое, температура которого при этом сильно повышается. Падая же на воду, солнечные лучи проникают в глубину и поглощаются не только поверхностью, но и довольно толстым слоем. При этом вода непрерывно перемешивается, и тепло распространяется на еще большую глубину. При охлаждении сравнительно небольшое количество тепла, накопленного в поверхностном слое почвы, отдается значительно быстрее, чем тепло, сосредоточенное в толстом слое воды. Вот почему лето над океанами и вблизи них холоднее, а зима мягче, чем на тех же широтах над континентами. Это обусловли-

вает особенности континентального и морского климатов.

Большое влияние на климат оказывают облака. Над пустынями почти всегда безоблачно, и днем ничто не препятствует лучам Солнца раскалять поверхность. Ночью это обстоятельство «работает» в противоположную сторону: нагретая почва беспрепятственно излучает тепло в космическое пространство и быстро охлаждается. Резкое различие дневных и ночных температур — характерная особенность климата пустынь.

Эти и многие другие факторы формируют климат различных зон, обуславливая, в частности, особенности осеннего периода.

Осень приходит с севера. На арктических островах и Таймырском полуострове средняя температура сентября ниже 0°, а минимальные температуры достигают —20, —23°. В тундре на землю ложится снежный покров. Выпадает первый снег почти на всей территории Сибири.

В октябре еще значительно уменьшается количество солнечного тепла. К концу месяца день в Арктике сокращается до 6—7 часов, а полуденная высота Солнца уменьшается до 12°. В октябре здесь окончательно устанавливается зима с жесткими морозами и свирепыми пургами и лишь тусклое Солнце, появляющееся на несколько часов, напоминает, что еще не закончилась астрономическая осень. В ноябре в Арктике наступает царство полярной ночи.

На Европейской части Союза осень движется с северо-востока на юго-запад. В средней полосе одним из главных признаков ее наступления служит окончание периода со среднесуточной температурой выше 10°. Переход через этот температурный предел и происходит в сентябре. Из-за понижения температуры воздуха уменьшается испарение, что при дождливой погоде ведет к грязевой распутице, затрудняющей уборку урожая.

Второй признак наступления осени — первые заморозки. В Прибалтике и Белоруссии они начинаются позже, чем в центральных областях Европейской части Союза. Осень в этих районах характеризуется мягкой, умеренно теплой, довольно влажной погодой. Такая погода связана с преобладанием западных ветров, приносящих насыщенный влагой воздух с Атлантического океана, над которым образуются огромные области пониженного давления — циклоны. Перемещаясь с океанов на сушу, они приносят пасмурную, дождливую, сравнительно теплую погоду. Над континентом теплый воздух охлаждается, что вызывает образование туманов, весьма частых на западе нашей страны, где наиболее ощутимо дыхание Атлантики.

В октябре число циклонов, проходящих по северной и средней полосе Европейской террито-

Подвижная часть календаря	ВОСКРЕСЕНЬЕ	ПОНЕДЕЛЬНИК	ВТОРНИК	СРЕДА	ЧЕТВЕРГ	ПЯТНИЦА	СУББОТА	ВОСКРЕСЕНЬЕ	ПОНЕДЕЛЬНИК	ВТОРНИК	СРЕДА	ЧЕТВЕРГ	ПЯТНИЦА	СУББОТА
------------------------------	-------------	-------------	---------	-------	---------	---------	---------	-------------	-------------	---------	-------	---------	---------	---------

Постоянный ТАБЕЛЬ - КАЛЕНДАРЬ														
М е с я ц ы					Дни недели					Числа месяца				
ФЕВРАЛЬ МАРТ. НОЯБРЬ.					В данном окне и вверху делаются две прорези, куда вставляет- ся подвижная лента календаря						6	13	20	27
АВГУСТ ФЕВРАЛЬ - В											7	14	21	28
МАЙ.										1	8	15	22	29
ЯНВАРЬ. ОКТЯБРЬ.										2	9	16	23	30
АПРЕЛЬ. ИЮЛЬ. ЯНВАРЬ - В										3	10	17	24	31
СЕНТЯБРЬ. ДЕКАБРЬ										4	11	18	25	
ИЮНЬ.										5	12	19	26	

ДЕСЯТКИ ЛЕТ																								ЕДИНИЦЫ ЛЕТ											
по старому стилю																по новому стилю								0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
0	14	28	42	56	70	84	98	112	126	140	154	168	182	196	210	224	152	166	170		188	192	206	210		сб	вс	пн	вт	чт	пт	сб	вс	вт	ср
1	15	29	43	57	71	85	99	113	127	141	155	169	183	197	211	225	153	167	171		189	193	207	211		чт	пт	вс	пн	вт	ср	пт	сб	вс	пн
2	16	30	44	58	72	86	100	114	128	142	156	170	184	198	212	226	154	168	172			194	208	212		ср	чт	пт	сб	пн	вт	ср	чт	сб	вс
3	17	31	45	59	73	87	101	115	129	143	157	171	185	199	213	227	155	169	173			195	209	213		пн	вт	чт	пт	сб	вс	вт	ср	чт	пт
4	18	32	46	60	74	88	102	116	130	144	158	172	186	200	214	228	156		174			196		214		вс	пн	вт	ср	пт	сб	вс	пн	ср	чт
5	19	33	47	61	75	89	103	117	131	145	159	173	187	201	215	229	157		175			197		215		пт	сб	пн	вт	ср	чт	сб	вс	пн	вт
6	20	34	48	62	76	90	104	118	132	146	160	174	188	202	216	230	158		176	180		198		216	220	чт	пт	сб	вс	вт	ср	чт	пт	вс	пн
7	21	35	49	63	77	91	105	119	133	147	161	175	189	203	217	231	159		177	181		199		217	221	вт	ср	пт	сб	вс	пн	ср	чт	пт	сб
8	22	36	50	64	78	92	106	120	134	148	162	176	190	204	218	232	160		178	182		200		218	222	пн	вт	ср	чт	сб	вс	пн	вт	чт	пт
9	23	37	51	65	79	93	107	121	135	149	163	177	191	205	219	233	161		179	183		201		219	223	сб	вс	вт	ср	чт	пт	вс	пн	вт	ср
10	24	38	52	66	80	94	108	122	136	150	164	178	192	206	220	234	162		184			202		224		пт	сб	вс	пн	ср	чт	пт	сб	пн	вт
11	25	39	53	67	81	95	109	123	137	151	165	179	193	207	221	235	163		185			203		225		ср	чт	сб	вс	пн	вт	чт	пт	сб	вс
12	26	40	54	68	82	96	110	124	138	152	166	180	194	208	222	236	164		186	190	204		226		вт	ср	чт	пт	вс	пн	вт	ср	пт	сб	
13	27	41	55	69	83	97	111	125	139	153	167	181	195	209	223	237	165		187	191	205		227		вс	пн	ср	чт	пт	сб	пн	вт	ср	чт	

рии СССР и Западной Сибири, увеличивается по сравнению с сентябрем, и погода ухудшается. Все реже становятся проблески «бабьего лета» — сухой, ясной и теплой погоды, которая нередко балует нас в сентябре. Увеличивается облачность; облака становятся более низкими и плотными.

Для значительной части территории нашей страны в октябре происходит устойчивый переход температуры через 0°. На этот месяц приходится даты первого мороза в центральных и восточных районах Европейской территории.

Продолжительность выпадения осадков возрастает, а их общее количество уменьшается, так как совсем редкими становятся сильные ливневые дожди, характерные для лета. Преобладают затяжные, морозящие осадки, выпадает мокрый снег, начинается сезон гололеда.

В октябре происходит важный процесс в жизни растительного мира — опадает листва деревьев и кустарников. Именно поэтому в древней Руси октябрь называли листопадом.

Ноябрь — переходный месяц от осени к зиме. Вначале наблюдается устойчивый переход температуры через 0° в центральных областях европейской территории. Еще больше увеличивается продолжительность выпадения осадков при уменьшении их количества, все чаще идет снег с дождем, мокрый снег. В средней полосе выпадает снежная крупа. Погода осенних месяцев в значительной мере определяет благополучную перезимовку озимых культур. Для них особенно опасны сильные заморозки и недостаточное увлажнение в первой половине осеннего периода.

По азиатской территории СССР осень движется уверенно и быстро: сказывается континентальность климата. Особенно быстро наступает она в Центральной и Восточной Сибири. Так, в Якутии температура в сентябре на 8—9° ниже, чем в августе. Большому охлаждению воздуха и почвы в Центральной и Восточной Сибири способствует гористость. В сентябре здесь начинается формироваться Азиатский антициклон, который определяет характер погоды в этом районе в холодное полугодие. Облачность по сравнению с летними месяцами уменьшается. В условиях длинной ночи при ясном небе интенсивно выхолаживаются поверхность почвы и нижние слои воздуха. Дневное тепло уже не может компенсировать ночное охлаждение. С каж-

дым днем усиливаются холода. Верхоянск становится полюсом холода — средняя температура октября здесь — 14° (холоднее, чем в январе в Москве!). А в ноябре в Сибири устанавливается настоящая зима. Средняя месячная температура воздуха достигает в отдельных районах Якутии —34, —36°.

Смягчающее действие на прибрежные районы оказывает Байкал. Здесь средняя месячная температура еще довольно высока —6, —8°.

Иначе происходит наступление осени на Тихоокеанском побережье. Осеннее падение температуры в этом районе медленное. В сентябре теплая, совсем летняя погода стоит на юге Приморского края. Температура во Владивостоке такая же, как в июле в Ленинграде. Прекращается действие летнего тихоокеанского муссона, приносящего летом затяжные дожди и проникающую повсюду сырость, и устанавливается сухая, ясная погода. «Золотая осень» заканчивается здесь лишь в ноябре.

В первой половине осени тепло в южных районах страны. В некоторых районах в сентябре нередко еще солнечнее и суше, чем в августе. Так, на Нижней Волге продолжительность осадков в сентябре наименьшая за год — в среднем всего 20 часов.

На Черноморском побережье и в Крыму в сентябре и октябре лучшее время года, «бархатный сезон». Августовский зной кончился, днем тепло и сухо. Температура воды у берегов около 20°.

В сентябре самый теплый и солнечный район нашей страны — юго-запад Туркмении. Среднемесячная температура здесь превышает 25°, средняя сумма осадков за месяц 3—5 мм (столько осадков выпадает в течение нескольких часов слабого морозящего дождя в Москве). Лучшим месяцем в Средней Азии считается октябрь. Летний зной окончательно уходит, уступая место чуть более дождливой и умеренно-теплой погоде. Правда, для континентального климата этого района характерна большая разность температур между дневными и ночными часами, а также (как и в Сибири) интенсивное понижение температуры в течение осенних месяцев. В начале октября еще тепло, а в конце месяца, даже на юге Средней Азии, бывают заморозки. Но настоящая осень с холодами и понижающими ветрами наступает здесь лишь в ноябре.

ПОДВИЖНОЙ ВЕЧНЫЙ КАЛЕНДАРЬ

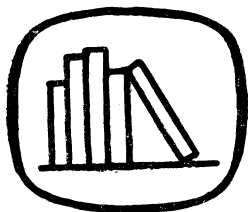
Астрономам, геофизикам, историкам, экономистам, а также представителям ряда других наук нередко приходится определять день недели по заданной дате в больших промежутках времени.

Обычно в таких случаях прибегают к так называемым вечным календарям. Однако существующие конструкции вечных календарей недостаточны удобны: они требуют сложения нескольких чи-

сел, выбираемых из таблиц, или перемещения нескольких подвижных элементов.

Автор разработал вечный календарь, пригодный для большого промежутка времени и не требующий никаких вычислений. Календарь охватывает период с 1 по 2280 год по старому стилю (юлианскому календарю) и с 1520 по 2280 год по новому стилю (григорианскому календарю). При этом период его действия можно продлить на прошедшее и на будущее путем дополнения таблицы десятков лет.

Календарь состоит из пяти отдельных таблиц. В нижней левой его части расположена таблица десятков лет старого и нового стиля, рядом с ней — таблица единиц лет.



КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ УКАЗАТЕЛИ ПО ГЕОДЕЗИИ

За многовековую историю человечество накопило много знаний о своей планете Земле, и в этом важную роль играла и играет наука геодезия, получившая широкое развитие в нашей стране.

В Советском Союзе ежегодно публикуется до 1000 работ по различным разделам геодезии. Поток публикаций все возрастает и следить за ним становится труднее и труднее. На помощь приходят библиографические справочники, дающие самую краткую информацию о публикациях.

За последние годы вышли в свет весьма полезные для геодезистов и работников смежных специальностей книги по библио-

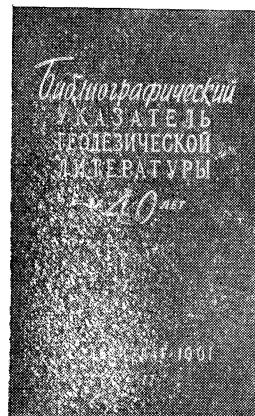
графии геодезической литературы советского периода: «Библиографический указатель геодезической литературы за 40 лет (1917—1956)», изданный Геодезиздатом в 1961 г., и «Библиографический указатель геодезической литературы за 5 лет (1957—1961)», выпущенный в издательстве «Недра» в 1964 г.

Первая книга составлена доцентом Е. Ф. Беликовым, вторая — Е. Ф. Беликовым и инженером Л. П. Соловьевым.

Обе книги вышли под редакцией профессора Л. С. Хренова.

Интересно отметить, что в первом указателе содержится 8868 наименований работ — за 40 лет, во втором — за 5 лет — 4962 наименования. Это свиде-

тельство большого размаха геодезических работ в СССР в последние годы и увеличения публикации в печати результатов производственных и научно-исследовательских работ в области геодезии.



В левой верхней части расположены названия месяцев, причем январь и февраль високосных лет обведены рамкой, справа — таблица чисел месяца. В верхней части находится подвижная таблица дней недели.

Чтобы получить табель-календарь для заданного года и месяца, нужно найти на пересечении строки десятков лет и столбца единиц лет «ключевой день» данного года и установить его на подвижной таблице против нужного месяца.

Пример 1. Определить день недели 9 января 1905 г. по старому стилю. На пересечении строки десятков лет старого стиля «190» и столбца единиц лет «5» находим ключевой день года «ВС» (воскресенье) и устанавливаем его против «января». Получаем табель-календарь для января 1905 г., из которого видно, что 9(22) января 1905 г. было воскресенье.

Пример 2. Определить число рабочих дней в мае

2000 г. по новому стилю. На пересечении строки «200» и столбца «0» находим ключевой день недели «ПН» (понедельник). Устанавливаем его на подвижной таблице против мая и определяем, что в мае 2000 г. нерабочими будут 7, 14, 21 и 28 числа плюс три (1, 2 и 9 мая) праздничных дня. Следовательно, рабочих дней будет 24.

Как видим, данный календарь требует лишь одного перемещения подвижной таблицы.

Напомним, что в юлианском календаре все сотые годы високосные, а в григорианском календаре високосные лишь те сотые годы, у которых число сотен делится на 4.

Для удобства пользования календарем нужно его детали наклеить на ватман, отрезать верхнюю подвижную часть, сделать две прорези, указанные на таблице, и пропустить через них подвижную таблицу.

Н. Г. ВОЛКОВ

Запуском в Советском Союзе 4 октября 1957 г. первого искусственного спутника Земли открыта новая эра в развитии мировой науки. Это событие породило новую ветвь в геодезии — космическую геодезию, что нашло отражение в Указателе за 1957—1961 гг., включающем новую рубрику «Космическая геодезия». Число публикуемых материалов по этой новейшей науке растет весьма быстро в связи с интенсивным освоением космического пространства и непосредственным выходом советского человека в безбрежные просторы космоса.

Тот и другой библиографические указатели по геодезии выпущены тиражом по 2000 экземпляров и полностью реализованы в очень короткий срок. Они с радостью встречены геодезической общественностью страны, так как помогают широкому кругу геодезистов — производственников и научных работников — разобраться в огромном потоке литературы, выбрать книгу или справочник, нужную журнальную статью, подобрать материал к выполнению производственной работы или к разработке научной темы.

Библиографические указатели обогащают науку и практику. Значение их как хороших путеводителей трудно переоценить. Выпуск их ликвидирует запущенность геодезической библиографии.

В последнее время изданы справочники по защищенным в СССР докторским и кандидатским диссертациям по некоторым социально-экономическим дисциплинам. Этому хорошему примеру надо последовать и в области геодезии, а именно — опубликовать указатель защищенных диссертаций по геодезии и смежным наукам, что оказало бы существенную помощь производственникам и научно-педагогическим работникам, особенно работающим на периферии, в ознакомлении с содержащимися в диссертациях научными разработками. Подобный указатель особенно важен и нужен потому, что до последнего

времени диссертации в основном оставались и остаются в виде рукописей на полках институтов и ознакомиться с ними весьма трудно.

Чтобы можно было геодезию причислить к дисциплинам, достаточно хорошо обеспеченным общетраслевым учетом литературы, необходимо издать еще библиографические указатели дореволюционной геодезической литературы с начала книгопечатания до 1917 г. и литературы, опубликованной после 1961 г. Если трудно найти работу по геодезии, опубликованную в наше время, то еще труднее получить сведения о дореволюционных изданиях. Вот почему важен библиографический указатель дореволюционной литературы, изданной в нашей стране. Это сбережет силы и средства

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ
УКАЗАТЕЛЬ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
ЗА 5 ЛЕТ

ИЗДАНИЕ 1966

на разработку актуальных вопросов сегодняшнего дня и избавит от непроизводительной затраты труда.

Учитывая, что тираж изданных Указателей был весьма ограничен и потребность в них не удовлетворена и продолжает расти, было бы правильным составить и издать Указатель литературы за 50 лет к предстоящему юбилею Советского государства.

Систематическое издание библиографических указателей по геодезии совершенно необходимо. Для своевременного ознакомления геодезистов с новой техникой и с новыми методами работ (светодальномеры, радиодальномеры, применение вычислительных машин, космическая геодезия и др.) в последующем целесообразно издавать ежегодные или через каждые два года указатели. Они не конкурировали бы с издаваемым Институтом научной информации «Реферативным журналом «Геодезия», так как представляли бы краткую, но полную сводку опубликованных работ. В реферативном журнале публикации по геодезии отражаются неполностью. Между тем, по вопросам геодезии, которая связана с очень многими отраслями народного хозяйства, науки и техники, часто публикуются статьи в различных геодезических ведомственных журналах и сборниках и издаются отдельными монографиями. Эти работы имеют немаловажное значение в развитии геодезических знаний и их нельзя не учитывать. Поэтому они и были впервые учтены в библиографических указателях.

Конечно, указатели не лишены ряда недостатков, особенно первый из них, так как в нем, например, даны недостаточно полные библиографические данные по каждой работе. В исправлении отмеченного недостатка помог бы второй выпуск Указателя.

Несмотря на это, мы считаем своим долгом отметить большую работу, проделанную инициаторами и особенно составителем указателей Е. Ф. Беликовым.

На очереди составление и издание аннотированных указателей. Издательству «Недра» надо позаботиться об организации и выполнении этой работы.

Библиографические указатели приносят неоценимую пользу науке и производству. Поэтому стимулировать их составление и издание — одна из важных задач геодезической общественности страны.

Н. Ф. БОЛГОВ, доцент; Н. И. ИВАНОВ, доцент

ВОПРОСЫ АСТРОНОМИИ В ЖУРНАЛЕ «ФИЗИКА В ШКОЛЕ»

Преподавать астрономию очень трудно: она не обеспечена ни достаточным числом учебных часов, ни хорошей программой, ни полезными пособиями. Трудность усугубляется тем, что учителя физики, а тем более географы, в огромном числе совсем не подготовлены к преподаванию астрономии, слабо знают эту многоплановую, изобилующую разнообразными материалами и специфическими вопросами отрасль науки и методику ее преподавания. Отсюда следует, что, планируя место и объем астрономических материалов в журнале, посвященном физике, нельзя основываться на чисто арифметических, формальных данных о месте, занимаемом этим предметом в сетке учебных часов. По нашему мнению, астрономия в школе гораздо больше нуждается в помощи, чем физика.

Конечно, было бы очень хорошо иметь специальный журнал «Астрономия в школе», журнал, обеспеченный квалифицированным материалом. Это оправдывалось бы также и тем, что во многих школах астрономию преподают не учителя физики, а географы и математики. В Германской Демократической Республике, например, такой журнал имеется. В нашей стране помощь учителям астрономии систематически оказывает журнал «Физика в школе». Важно, чтобы журнал «Физика в школе» уделял преподаванию астрономии возможно больше места и внимания. Делать это следует возможно более основательно и продуманно.

В данной статье мы ограничимся кратким рассмотрением материалов по астрономии, опубликованных в 1964 г. в журнале «Физика в школе».

В двух номерах (№ 4 и 5) печаталась обстоятельная методическая работа Е. П. Левитана «Изучение астрономии по новой программе и новому учебнику». Автор ее взялся за нелегкое дело: следуя все еще очень несовершенной программе (ведь она закон для учителя!) и опираясь на учебник, не достигший и после переработки удовлетворяющего многочисленным требованиям состояния, показать, как учитель может распланировать материал, чтобы преподавать астрономию с максимальным успехом в наиболее благоприятных условиях. Учителя астрономии таким образом получили конкретное руководство для преподавания. Вместе с тем появилась возможность широкого обмена опытом и соображениями по самым различным вопросам курса астрономии в школе на страницах журнала. Может быть следовало бы провести дискуссию по этим вопросам.

В № 4 журнала помещена статья В. А. Шишкова «Вопросы атеистического воспитания в курсе астрономии средней школы». Конечно, это лишь

общий обзор того, на что должно быть обращено внимание учителей при изложении материала. И здесь следовало бы привлечь читателей к обмену опытом.

Журнал своевременно откликается на астрономические явления и на события, связанные с астрономией (очередные достижения в освоении космоса, Международный год спокойного Солнца, календарные даты, небесные явления, биографические и библиографические заметки и т. п.). Думается, что число статей и заметок такого рода можно было бы значительно увеличить.

Однако круг вопросов, имеющих отношение к преподаванию астрономии, в журнале весьма узок, особенно, если сравнивать его с материалами по физике. Нет переписки с читателями, преподающими астрономию, нет вопросов читателей по астрономии и ответов на них. По вопросам физики таких материалов, очень интересных, живых, всегда много. А по астрономии обычны лишь заметки по дореволюционной космографии. Они часто встречаются на страницах журнала, причем в однообразном виде. Это, например, модели небесной сферы, мало отличающиеся друг от друга. Так, в № 6 предложен вариант полой пластмассовой сферы, заполненной подкрашенной водой. Она ничем не отличается от известной колбы, фигурировавшей в дореволюционных методических советах по школьной космографии.

Стремление оправдать существование курса астрономии в школе формальными ссылками на практическое значение этой науки породило заметно гипертрофированный раздел «Практические применения астрономии». Конечно, следует отмечать чрезвычайно большое значение астрономии в практике. Но при этом надо иметь в виду, что в настоящее время практическое значение астрономии резко отличается от того, каким оно было в древности, в средние века и даже сравнительно недавно, когда не существовало механических часов, радио, искусственных спутников и т. п. Между тем, следуя указаниям программы и учебника, журнал муссирует наименее актуальные вопросы, буквально разочаровывая учителей.

Статья «Простой способ определения географических координат» (№ 5) рекомендует проводить подобную работу хотя и на внеклассных занятиях, но явно в ущерб гораздо более нужным работам и наблюдениям, для которых и без этих надуманных занятий обычно очень трудно найти подходящее время. Статья рекомендует пользоваться табличными данными о звездном времени (а его учащиеся знать не обязаны!) и утешает замечанием, что достаточно иметь отвес, часы, конечно, хорошо выверенные, и звездный атлас. Далее, однако, статья оговаривает необходимость иметь еще специальным способом изготовленную звездную карту. Из статьи следует также, что учащиеся должны уметь производить хотя и несложные, но достаточно специальные вычисления. Что остается от снисходительного замечания «достаточно иметь» и от определения «простой способ»?

Велика опасность именно таких — пусть даже и внеклассных — занятий. Для них нужна ведь и долгая подготовка на уроках астрономии. Таким путем и порождается у учителей, желающих уделить астрономии возможно больше сил и времени, отказ ее преподавать: ведь для одного такого

бесцельного и, по существу, бесполезного для учащихся занятия надо выкраивать слишком много времени и иметь знания, выходящие за пределы обязательной компетенции учителя.

Редакция журнала вообще без нужной осмотрительности публикует такие материалы, которые следовало бы подвергать критике в специальных обзорах. Надо бы, например, несколько приостановить поток досужих домыслов, имеющих целью «приукрасить» астрономию. Таковы, например, попытки чисто внешне разукрасить, сделать внушительной подвижную карту звездного неба (заметки о «демонстрационной» карте в № 5 за 1964 г. и в № 1 за 1965 г.). В № 5 предлагается сделать карту, на которой звезды просвечивали бы в окрашенном виде. Окраска эта должна быть сделана с такими тонкими различиями цвета, как голубой и светло-голубой, желтый и светло-желтый. Чему полезно в школьном курсе астрономии могла бы послужить такая карта? Да ее и сделать в столь отвлеченно задуманном виде просто невозможно.

Учащимся следует, конечно, уметь пользоваться картой, например, для отыскания на небе планет и звезд, о которых идет речь в курсе. Но для этого не нужно заменять серьезную работу с картой «занимательностью» и украшательством.

В № 5 статья под заглавием «Занимательные астрономические задачи» содержит мало «занимательного». Первая задача повторяет многократно обыгрывавшийся отрывок из романа «Анна Каренина», в котором рассказывается о том, что видел Левин на небе во время охоты. Важно ли, забывая ясно сказанное в романе, решить, что «охота происходила весной»? Кстати говоря, привлекая для этого «занимательного» вывода подвижную карту звездного неба, автор статьи предлагает так ее установить, чтобы Б. Медведица в вырезе накладного круга оказалась... «в южной части неба».

Во второй задаче используется повесть В. Г. Короленко «Соколинец». По беглому замечанию бродяги о том, что «Стожары-то высоко поднялись», статья предлагает сообразить, «в каком месяце (!) это было». Зачем нужен именно этот ответ? И опять здесь предлагается использовать подвижную карту. Плеяды преднамеренно подгоняются на меридиан. А выражение «за полночь зашло» дает будто бы право искать ответ у отметки «0 часов»...

В третьей задаче приводится отрывок из «Одиссеи». Одиссей держит путь, оставляя Б. Медведицу «по левую руку». Требуется установить месяц, в который совершается описанное плавание. Легко видеть, что даже направление, которого

придерживается корабль Одиссея, может меняться при подобной ориентировке в весьма широких пределах. Кроме того, здесь говорится, что Одиссей «глаз не сводил» с Боота (Волопаса) и с Плеяд. Как же это можно? Если Б. Медведица слева, Волопас в поле зрения, то Телец-то сзади! И как это, согласно тому же отрывку, Б. Медведица «совершает круг свой близ Орiona»? Никак нельзя было включать в курс астрономии как якобы достоверный материал совершенно неопределенные поэтические фантазии.

Таковы же по их неопределенности и некоторые другие задачи, опубликованные журналом. Нельзя особо не отметить утверждение предложенного задачи, что упоминаемый И. Бунным «поздний таинственный (?) час», когда поют петухи,— это якобы полночь. Да ведь это же просто суеверие!

На местах нередко организуются астрономические вечера, олимпиады и более легкий вид «познавательных» развлечений — викторины. Естественно, что и о проведении таких мероприятий следует говорить на страницах журнала, но, прежде всего, в разделе «Хроника». Публикуя описания проведенных мероприятий, следовало бы оговаривать, что именно было хорошо в данном конкретном случае, а что оказалось неудачным. В № 6 журнала первая астрономическая олимпиада школьников Ярославля описывается в разделе «Задачи и вопросы». Значит, это — образец. А между тем не все вопросы и ответы были удачными. Ограничимся лишь одним примером: «Какова роль Галилея в борьбе за научное мировоззрение». Ответ дан в одном предложении, перечисляющем без всякого порядка (ни хронологически, ни по значению) телескопические открытия Галилея, с заключением, что это «явилось веским подтверждением правильности теории Коперника и нанесло удар (?) реакционному церковному мировоззрению». Ну, а где же здесь борьба за научное мировоззрение?

Этот наш по необходимости краткий обзор подсказан желанием сделать возможно больше для того, чтобы астрономия в школе реально играла ту роль в борьбе за научное мировоззрение, которая ей должна принадлежать и которую она пока выполняет далеко не блестяще. Прежде всего, в этом деле учителям должен оказывать квалифицированную помощь журнал «Физика в школе».

В. А. ШИШАКОВ,
кандидат педагогических наук



(К стр. 22)

Перед восходом Солнца Плеяды видны, когда Солнце находится несколько восточнее Плеяд. Поскольку прямое восхождение Плеяд около 4ч, а склонение +24°, т. е. близко к склонению Солнца в июне, то

с учетом продолжительности сумерек в летнее время (более часа) легко установить по подвижной карте звездного неба, что Плеяды перед восходом Солнца восходят во второй половине июня.

(К стр. 35)

Чтобы звезда в момент нижней кульминации не заходила за горизонт, а только касалась его, необходимо, чтобы ее склонение было $\delta = 90^\circ - \varphi$, где

φ — географическая широта места. Тогда искомая широта $\varphi = 90^\circ - 49^\circ 49' = 40^\circ 11'$, а с учетом рефракции на горизонте, равной 35', искомая широта $\varphi = 40^\circ 11' - 35' = 39^\circ 36'$, т. е. в обоих случаях около 40°. Установив подвижную карту звездного неба на момент нижней кульминации данной звезды, найдем, что эта кульминация бывает в местную полночь около 20 октября.

Немногим из наших читателей, вероятно, известно, что И. Н. Ульянов — отец В. И. Ленина — серьезно занимался астрономией и метеорологией и что им была защищена кандидатская диссертация на астрономическую тему.

В 1850 г. девятнадцатилетний Илья Ульянов, только что закончивший мужскую астраханскую гимназию, поступил на первый курс физико-математического факультета Казанского университета. Здесь, по-видимому, под влиянием работавшего в то время в Казани известного астронома профессора М. А. Ковальского, складывались астрономические интересы И. Н. Ульянова. Уже в конце третьего курса он завершил диссертацию на тему «Способ Ольберса и его применение к определению орбиты кометы Клинкерфюса». Вот что пишет профессор М. А. Ковальский в своем отзыве на эту работу: «Ульянов постиг сущность астрономических вычислений, которые, как известно, часто требуют особых соображений и приемов».

На основании представленной диссертации и отлично вы-

держанных испытаний в ноябре 1854 г. физико-математический факультет университета утверждает И. Н. Ульянова в ученой степени кандидата по разряду математических наук.

Любопытно отметить, что кроме И. Н. Ульянова еще лишь два выпускника математического отделения (Н. Пасмуров и А. Урванцев) были удостоены в этом году ученой степени кандидата.

В 1855 г. по распоряжению помощника попечителя Казанского учебного округа профессора Н. И. Лобачевского молодой кандидат наук назначается заведующим Пензенской метеорологической обсерваторией, где он на протяжении последующих восьми лет ведет систематические научные наблюдения, результаты которых неоднократно цитируются в русских и зарубежных специальных изданиях.

Вот как оценивает деятельность И. Н. Ульянова в этот период заведующий метеорологическим бюро Пензенского губернского земельного управления В. Ф. Невзоров: «...лишь с 50-х годов наши метеорологические наблюдения начинают принимать

действительно научный характер... В этом отношении мы особенно должны отметить период 1856—1863 годов, когда метеорологические наблюдения на Пензенской метеорологической станции взял на себя Илья Николаевич Ульянов».

Результатом серьезного изучения метеорологии является научный труд И. Н. Ульянова «О грозе и громоотводах», написанный им в 1861 г. и получивший одобрение физико-математического факультета Казанского университета. В заключение своего труда автор подчеркнул: «Итак, наука борется с предрассудками и побеждает их самыми неопровержимыми доказательствами — фактами».

В своей последующей практической деятельности И. Н. Ульянов неоднократно применяет полученные им в Казанском университете астрономические познания. Так, будучи с 1863 по 1869 г. учителем физики и математики нижегородской мужской гимназии (в здании, в котором ныне располагается Горьковский педагогический институт имени М. Горького) И. Н. Ульянов разрабатывает учебные программы не только по физике и математике, но и по космографии.

Эти весьма интересные для читателя-астронома факты из жизни отца В. И. Ленина приводятся в содержательной книге А. Иванского «Илья Николаевич Ульянов», Госполитиздат, Москва, 1963 г.

В. В. РАДЗИЕВСКИЙ,
профессор
Д. А. БАЛИГА,
профессор

Книги 1965 года

В 1965 г. Всесоюзный институт научной и технической информации начинает издание ежегодника «Итоги науки» в виде серий, состоящих из выпусков по определенным разделам науки.

«Итоги науки» — серия «Астрономия».

Серия выходит в двух выпусках, составленных по материалам советской и зарубежной литературы и снабженных обширной библиографией.

Первый раздел содержит три статьи: «Солнце», «Луна» и «Планеты».

В статье «Солнце» освещены методы наблюде-

ний Солнца, результаты теоретических и экспериментальных исследований солнечной атмосферы, магнитных полей, пятен, факелов, протуберанцев, хромосферных вспышек и солнечной короны.

Статья «Луна» дает сводку материала по астрономическим, астрофизическим, радиофизическим и геологическим исследованиям Луны.

Статья «Планеты» содержит исчерпывающие сведения о работах, посвященных исследованиям больших планет, главным образом Венеры, Марса и Юпитера.

Второй выпуск посвящен теоретической астрофизике и будет содержать материалы, отражающие результаты теоретических исследований звездных и планетных атмосфер, внутреннего строения

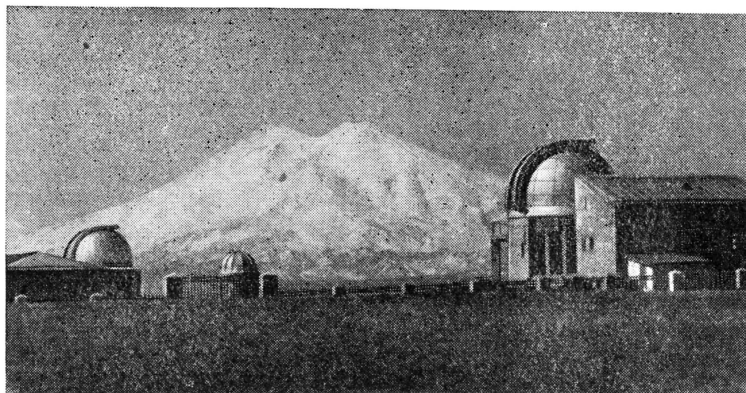


НОВОЕ В ПРОБЛЕМЕ «СОЛНЦЕ — ЗЕМЛЯ»

Наблюдения, проводившиеся во время МГГ, МГС, МГСС, показывают, что роль солнечной активности в различных явлениях на Земле значительно больше, чем это предполагалось ранее.

Горная станция Главной астрономической обсерватории Академии наук СССР много лет исследует солнечную активность с помощью оптических приборов и радиотелескопов. Измерения яркости солнечной короны на Кисловодской станции оказались наиболее точными и фотометрически стабильными по сравнению с данными других аналогичных станций, существующих в мире. Это очень важно для получения новых данных о цикличности солнечной активности, так как в отличие от пятен, факелов, вспышек, протуберанцев корону можно наблюдать на любых широтах и следить непрерывно за изменением ее интенсивности.

О наиболее существенном научном результате сообщалось в четвертом номере нашего журнала.



Удалось установить, что в течение 11-летнего цикла развивается не один, а два максимума солнечной активности. Таким образом, с новой точки зрения хорошо известный 11-летний цикл — следствие наложения кривых, относящихся к первому и второму максимуму. Это открытие несколько проясняет зависимость между солнечными и геофизическими явлениями. Так, до последнего времени в солнечной активности не удавалось обнаружить второго максимума на кривых, характеризующих числа и площади солнечных пятен, и трудно было объяснить известное усиление ионосферных и геомагнитных возмущений, полярных сияний и т. п. Открытие второго максимума позволит установить важную для долгосрочных прогнозов погоды связь между яв-

лениями на Солнце и в нижних слоях атмосферы Земли.

В последние годы внимание исследователей привлекают проблемы влияния солнечной активности на различные биологические процессы, включая те, которые происходят в человеческом организме. В частности, накопление сведений об изменениях состава крови (изменение числа клеток лейкоцитарного ряда) под влиянием солнечной активности поможет спасти жизнь многим людям, страдающим сердечно-сосудистыми заболеваниями.

«Вестник
Академии наук СССР»,
№ 5, 1965, 66—71.

звезд и планет, проблемы нестационарных и новых звезд, галактических туманностей и межзвездной среды, жесткой корпускулярной радиации, происхождения космических лучей.

«Итоги науки» — серия «Геофизика». В сборник включены сжатые очерки, основанные на материалах Реферативного журнала «Геофизика» за 1963 г., по метеорологии, климатологии, атмосферной оптике, по физике атмосферы (с учетом результатов измерений с помощью ракет и спутников), по океанологии, внутреннему строению Земли, гравиметрии, разведочной и промысловой геофизике.

В октябре 1965 г. в издательстве «Наука» выйдут в свет «Исследования космического пространства» — сборник, в котором собраны материалы

конференции, состоявшейся в Москве 10—16 июня 1965 г. и рассмотревшей итоги и перспективы космических исследований.

В статьях, включенных в сборник, освещаются результаты исследований верхней атмосферы и ионосферы Земли, корпускулярных потоков, магнитосферы и радиационного пояса Земли, космических лучей, а также другие исследования по физике космического пространства.

Впервые публикуются новые результаты экспериментальных исследований, выполненных со спутниками «Космос» и «Электрон». В ряде статей освещаются теоретические аспекты исследований по физике космического пространства.

Объем книги 45 л. Цена 3 р. 35 к.

Тираж книги ограничен. «Академкнига» принимает предварительные заявки.



К ПОЛЕТУ «ДЖЕМИНАЙ-5»

Освоение космического пространства, успешно начатое запуском в СССР первого искусственного спутника Земли 4 октября 1957 г., продолжается. Если первый спутник заложил основу для космической эры человечества, то первый космический полет, со-

вершенный советским летчиком-космонавтом Ю. А. Гагариным, положил начало непосредственному проникновению человека в космическое пространство. Вслед за Гагариным на околоземную орбиту выходили другие советские космонавты, решавшие все более сложные научно-технические задачи.

Каждый новый шаг в освоении космоса представляет большой интерес для науки.

Серьезный вклад в изучение и освоение космического пространства сделала американская наука, что выразилось в частности в организации ряда полетов космических кораблей. Большим успехом ученых США был полет корабля «Джеминай-5», на котором

космонавты Г. Купер и Ч. Конрад с 21 по 29 августа совершили 120 витков вокруг Земли, проведя в полете 190 часов 56 минут.

В этом полете были проведены физиологические исследования и поставлены некоторые другие эксперименты. В отношении исследования влияния на организм человека продолжительного пребывания в космосе результаты этого полета подтвердили и пополнили сведения, полученные в советских исследованиях, выполненных еще в 1963 г. В. Ф. Быковским на корабле «Восток-5».

Советские ученые, отдавая должное мужеству и выдержке американских космонавтов, искренне поздравляют их с успешным завершением полета.

К ЧИТАТЕЛЯМ!

Мировая литература по астрономии и геофизике систематизируется и освещается в Реферативном журнале, издаваемом Академией наук СССР в виде сводных томов «Астрономия» и «Геофизика» и отдельными выпусками (в скобках указаны подписная цена на 1966 г. и № индекса по каталогу «Союзпечати»): выпуск «Астрономия» (4—56, № 71523); «Геодезия» (2—04, № 71537); «Исследование космического пространства» (2—88, № 71639); «Геомагнетизм и высокие слои атмосферы» (2—52, № 71287); «Метеорология и климатология» (4—08, № 71253); «Океанология, гидрология суши и гляциология» (3—60, № 71255); «Физика Земли» (1—32, № 71291); «Разведочная геофизика» (2—52, № 71265).

Подписка принимается без ограничений до 25 ноября.

Научно-популярный журнал

«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Орган секции физико-технических и математических наук

Президиума Академии наук СССР

и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ

Зам. гл. редактора доктор физ.-мат. наук И. А. ХВОСТИКОВ

Ответственный секретарь Е. П. ЛЕВИТАН

Кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOV, кандидат физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, кандидат физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, кандидат техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик В. Г. ФЕСЕНКОВ

Художественный и технический редактор В. Ф. Ситникова

Адрес редакции: Москва, В-333, Ленинский пр., 61
Тел. АВ 7-78-14, АВ 7-67-09

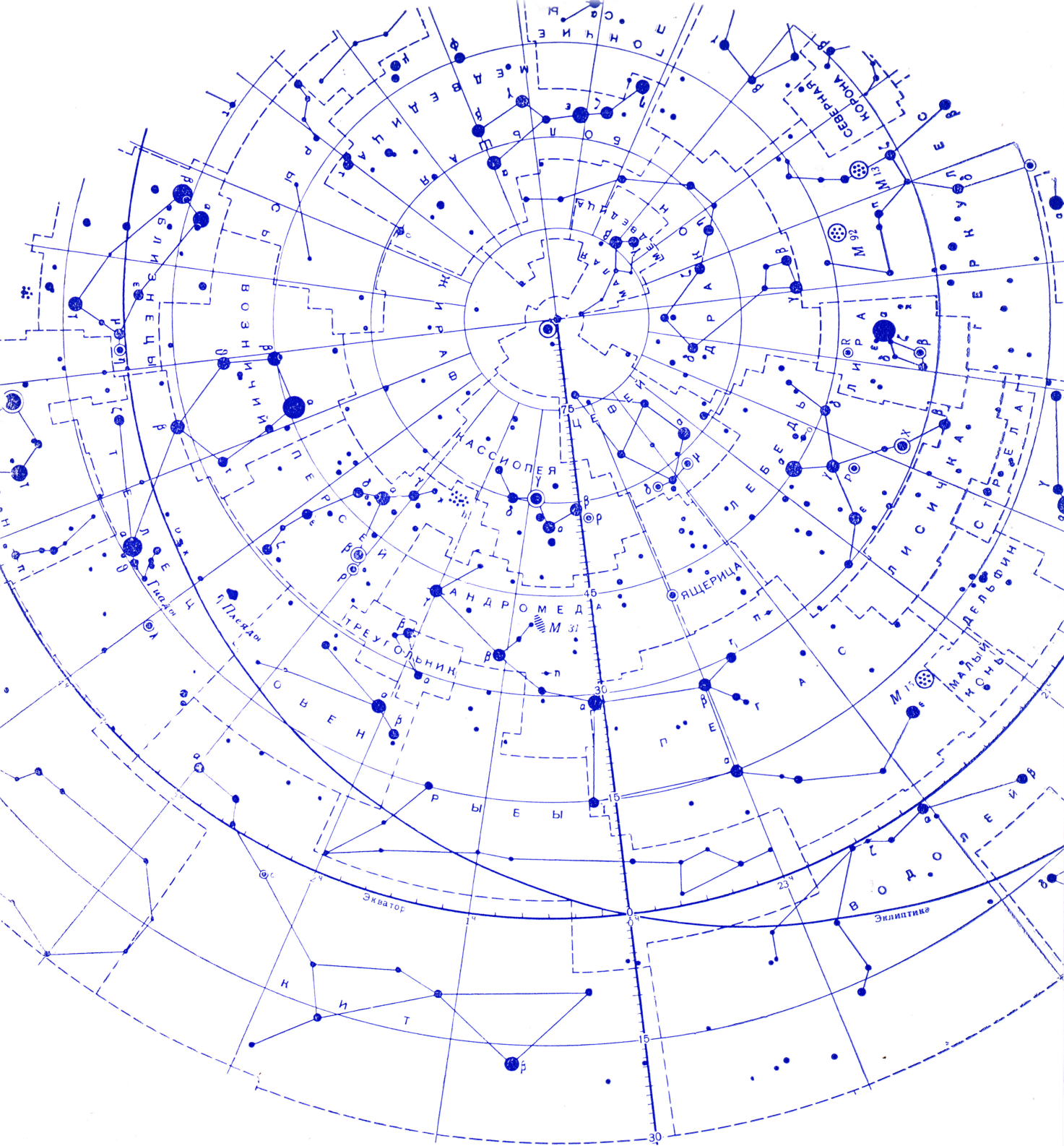
Т-11492

Подписано к печати 8/IX-1965 г.

Тираж 21600 экз.

Заказ № 2702. Бум. л. 3. Формат бумаги 84×108¹/₁₆. Печ. л. 10,8+3 вклейки. Уч.-изд. л. 11,9

2-я типография издательства «Наука». Москва, Г-99, Шубинский пер., 10



Ноябрь 1965 г.

Видимость планет

Венера видна по вечерам [созвездие Стрельца]
 Юпитер хорошо виден всю ночь [созвездие Близнецов, а
 затем Тельца]
 Сатурн виден с вечера до его захода вблизи полуночи
 [созвездие Водолея; 16 ноября координаты планеты: прямое
 восхождение $22^{\text{h}} 54^{\text{m}}$, склонение $-9^{\circ} 30'$]



Цена 30 коп.

Индекс
70336



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«НАУКА»

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!
Не забудьте оформить подписку на журнал
„ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ“
на 1966 г.